



TUGAS AKHIR - TM141585

RANCANG BANGUN CETAKAN SPESIMEN UNTUK MENGANALISA SHRINKAGE MATERIAL PLASTIK SESUAI STANDARD ASTM D955

DENI GUMILAR
NRP. 02111545000059

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M. Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - TM141585

DESIGN AND BUILD SPECIMEN'S MOLD FOR ANALYZE SHRINKAGE BEHAVIOUR IN PLASTIC MATERIAL REFERENCE TO ASTM D955

DENI GUMILAR
NRP. 02111545000059

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M. Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

RANCANG BANGUN CETAKAN SPESIMEN UNTUK MENGANALISA SHRINKAGE MATERIAL PLASTIK SESUAI STANDARD ASTM D955

TUGAS AKHIR


**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

**Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**DENI GUMILAR
NRP. 02111545000059**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng (Pembimbing I)
NIP. 195811061986011002
 2. Ir Bambang Pramujati, Msc.Eng, PhD. (Penguji I)
NIP. 196912031994031001
 3. Latifah Nurahmi, ST, MSc, PhD. (Penguji II)
NIP. 1986201712037
 4. Dinny Harnany, ST, MSc. (Penguji III)
NIP. 2100201405001
- 

**SURABAYA
JANUARI, 2018**

RANCANG BANGUN CETAKAN SPESIMEN UNTUK MENGANALISA SHRINKAGE MATERIAL PLASTIK SESUAI ASTM D955

Nama Mahasiswa :Deni Gumilar
NRP :02111545000059
Jurusan :Teknik Mesin FTI-ITS
**Dosen Pembimbing :Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen B,
M.Eng**

ABSTRAK

Pemakaian plastik dari peralatan rumah tangga hingga tingkat manufaktur semakin meningkat dan mempengaruhi peningkatan permintaan bahan baku plastik. Di dalam negeri material plastik tersebut merupakan produk impor dan biaya material relatif mahal, sehingga memacu kita untuk mencari material alternatif plastik. Di Lab Perancangan dan Pengembangan Produk Teknik Mesin ITS mengembangkan material biokomposit sebagai material alternatif dengan campuran 85% polypropylene (PP), 5% Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP), 10% serat sisal dan campuran 85% PP, 5% MAPP, 10% sekam padi. Material tersebut akan digunakan sebagai bahan baku pada proses injeksi plastik namun penentuan dimensi dan geometri produk hasil cetak dipengaruhi oleh sifat penyusutan (shrinkage) material biokomposit sehingga diperlukan studi eksperimen untuk menentukan besarnya faktor penyusutan dengan cara material biokomposit dicetak pada cetakan tertentu. Penelitian ini dimaksudkan untuk merancang cetakan yang dapat digunakan untuk menganalisa penyusutan material biokomposit dengan mengacu pada standar spesimen shrinkage ASTM D599 sehingga dapat membantu dalam penentuan dimensi dan geometri produk hasil cetak material biokomposit.

Proses perancangan cetakan diawali dengan memilih bentuk spesimen shrinkage kemudian ditentukan layout pada area insert cetakan. Setelah itu menentukan saluran injeksi,

ejektor pin, besarnya pressure drop dan besarnya clamping force kemudian dilakukan simulasi injeksi dengan menggunakan software moldflow adviser. Hasil rancangan tersebut harus sesuai dengan spesifikasi mesin injeksi yang digunakan yaitu HAITIAN MA 900/260e sehingga rancangan cetakan aman dan mesin mampu mencetak spesimen. Setelah tahapan perancangan, dibuat gambar detail cetakan dan gambar perakitan cetakan sebagai panduan dalam proses pembuatan dan perakitan. Kemudian dibuat perencanaan proses manufaktur dengan menentukan jenis proses serta cutter yang digunakan pada mesin CNC YCM MV-106A.

Dari hasil perancangan mesin injeksi HAITIAN MA 900/260e dapat mencetak 2 spesimen dengan besar clamping force sebesar 7079.5 kg, tekanan injeksi 86.1 Mpa dan waktu injeksi 0.35 s. Terdapat 9 komponen cetak yang perlu diproses manufaktur menggunakan mesin CNC YCM MV-106A, masing-masing telah ditentukan rancangan proses manufaktur sehingga mesin dapat digunakan. Setelah komponen dari cetakan dibuat dan dirakit kemudian dilakukan percobaan cetak pada mesin injeksi menggunakan material polypropelene dan biokomposit. Hasil percobaan cetak tersebut didapatkan spesimen yang dapat dianalisa penyusutannya namun terdapat beberapa kekurangan pada sistem ejeksi produk sehingga cycle time tidak optimum dan diperlukan beberapa perbaikan dengan penambahan spring dan penghalusan pada area ejeksi.

Kata Kunci; Injection Molding, ASTM D955, Biokomposit, Shrinkage, Mesin HAITIAN MA 900/260e, Rancang Cetakan, Manufaktur Process.

DESIGN AND MAKING SPECIMEN'S MOLD FOR ANALYZE SHRINKAGE BEHAVIOUR IN PLASTIC MATERIAL REFERENCE TO ASTM D955

Student name :Deni Gumilar
Registration no. :02111545000059
Departement :Teknik Mesin FTI-ITS
Guide lecturer :Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen B, M.Eng

ABSTRACT

The usage of plastics from household appliances to manufacturing levels is increasing and affecting the demand for plastic raw materials. In domestic, these materials are imported products and costs are relatively expensive thus compelling us to find alternative plastic raw materials. In Product Design and Development Laboratory of Mechanical Engineering ITS has been developed biocomposite material as an alternative material with mixture of 85% polypropylene (PP) , 5% Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP), 10% sisal fiber and 85% PP, 5% MAPP, 10% husk rice. Those materials will be used as alternative plastic raw material in plastic injection process. The determination of the dimensions and geometry product is affected by the shrinkage behavior of biocomposite material so an experimental study is needed to determine the amount of the shrinkage factor by injecting biocomposite material to a custom mold. This research is intended to design mold which can be used to analyze shrinkage of biocomposite materials refer to the standard shrinkage specimens from ASTM D955 hence the product's dimension and geometry from biocomposite material could be determined.

The mold design process begins by selecting the shape of the specimen shrinkage then determine the layout on the insert area of the mold. The determination of dimension of injection channel, ejector pin, the amount of pressure and clamping force then, performed injection simulation using software moldflow

adviser. Result of design process must be within the specification of plastic injection machine HAITIAN MA 900/260e hence mold is safe and machine is able to inject the specimen. After the design proses, detailed technical drawing of mold and assembly drawings are made. Then manufacturing process plans is made by determining the type of process and cutter that used in CNC YCM MV-106A machine.

The result of design is plastic injection machine HAITIAN MA 900/260e could produce 2 spesimens with amount of clamping force 7079.5 kg, injection pressure 86.1 Mpa and injection time 0.35 s. There ware 9 components of mold which need manufactured using CNC YCM MV-106A and each had a manufacturing process thus machine able to used. After the mold's components are made and assembled, then injection experiments on HAITIAN MA 900/260e plastic injection machine was done by using polypropelene and biocomposite materials. The results of the injection experiments show that specimen's shrinkage can be analyzed but there are some deficiencies in the product ejection system thus cycle time is not optimum and some improvement with the addition of spring and smoothing on ejection area are needed.

Key Words; Injection molding, Biokomposit, ASTM D955, Shrinkage, HAITIAN MA 900/260e Machine, Mold Design, manufaktur process.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul "*Rancang Bangun Cetakan Spesimen Untuk Menganalisa Shirngkage Material Plastik Sesuai Standard ASTM D955*" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S.T (Sarjana Teknik) dari jurusan Teknik Mesin FTI – ITS. Semoga ilmu yang didapat dan karya yang sudah dibuat dapat bermanfaat bagi semua khususnya bagi teman-teman yang melanjutkan studi di bidang plastik.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moril maupun materil dalam menyelesaikan studi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan M.Eng selaku dosen pembimbing yang memberikan kesempatan serta masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Kerabat lab P3 dan kerabat angkatan program lintas jalur 2015 yang memberikan motivasi dan membantu selama menempuh studi.
4. Nadia Shabrina Pratiwi yang selalu sabar dan memberikan motivasi kepada penulis selama menempuh studi.
5. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS yang telah memberikan pengetahuan kepada penulis.
6. Mas Faisal dan karyawan PT. Izzaki terimakasih atas bantuannya.

Harap memaklumi bahwasannya dalam tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna sehingga diperlukan saran serta kritik yang dapat menyempurnakan serta beberapa perbaikan pada karya yang sudah dibuat.

Surabaya, Januari 2018

(Halaman ini sengaja dikosngkan)

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Proses Injeksi	5
2.2 Cetakan Plastik	6
2.2.1 Jenis Cetakan	6
2.2.2 Material Cetakan	7
2.3 Shrinkage	8
2.4 Spesimen Shrinkage	9
2.4 Perancangan Cetakan	11
2.4.1 Rongga Cetak	11
2.4.2 Clamping Force Aktual	11
2.4.3 Saluran Injeksi	12
2.4.4 Penurunan Tekanan	14
2.4.5 Perencanaan Ejeksi	15
2.4.6.1 Gaya Ejeksi	15
2.4.6.2 Dimensi Ejektor Pin	16
2.4.8 Perencanaan Venting	17
2.5 Waktu Siklus Pross Injeksi	17
2.5.1 Waktu Gerak Cetakan	17

2.5.2 Waktu Injeksi	18
2.5.3 Waktu Pengeluaran Produk	18
2.5.4 Waktu Pendinginan	19
2.5.5 Waktu Total Siklus	19
2.6 Software Simulasi	20
2.6.1 Moldflow Adviser	20
2.7 Toleransi	21
2.7.1 Toleransi Dimensi	21
2.7.2 Toleransi Geometri	22
2.8 Proses Pemesinan	23
2.8.1 Milling	23
2.8.2 Boring dan Drilling	25

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Rancang Bangun Cetakan	29
3.2 Langkah – Langkah Perancangan	30
3.2.1 Studi Litelatur dan Lapangan	30
3.2.2 Pengumpulan Data	30
3.2.3 Pemilihan Spesimen Runner dan Layout	30
3.2.4 Perancangan Cetakan	30
3.2.5 Simulasi Proses Cetak	31
3.2.6 Gambar Detail Cetakan dan Perakitan	31
3.2.7 Proses Perakitan Cetakan	32
3.2.8 Percobaan Cetak	32
3.2.9 Evaluasi Rancangan Cetakan.....	32
3.2.10Kesimpulan dan Saran	32

BAB 4 PEMILIHAN SPESIMEN, PERANCANGAN CETAKAN DAN SIMULASI INJEKSI

4.1 Bentuk Spesimen	33
4.2 Pemilihan Spesimen	33
4.3 Pemilihan Runner	33
4.4 Perancangan Cetakan	36
4.4.1 Material Plastik	36
4.4.2 Spesifikasi Mesin injeksi	36
4.4.3 Number Of Cavity	36
4.4.4 Clamping Force	37

4.4.5 Saluran Injeksi	37
4.4.6 Waktu Siklus	37
4.4.5 Ejektor Pin	39
4.4.8 Pressure Drop	40
4.4.8.1 Pressure Drop Pada Spesimen	40
4.4.8.2 Pressure Drop Pada Runner	40
4.4.8.3 Pressure Drop Pada Sprue	41
4.4.8.4 Pressure Drop Total	42
4.5 Simulasi Proses Injeksi	42
4.5.1 Diagram Alir Simulasi Cetak	43
4.5.2 Langkah Simulasi Proses Cetak	44
4.5.3 Air Trap	47
4.5.4 Confidence Of Fill	47
4.6 Gambar Detail Cetakan	48
BAB 5 PROSES MANUFAKTUR, PROSES PERAKITAN	
DAN HASIL INJEKSI	
5.1 Proses Manufaktur	49
5.2 Bill Of Material	49
5.3 Mesin CNC.....	50
5.4 Rancangan Proses Manufaktur	51
5.4.1 Contoh Perhitungan Proses Milling	51
5.4.2 Contoh Perhitungan Proses Drilling	52
5.4.1 Part Insert Core	53
5.4.2 Part Plat B	56
5.4.3 Part Plat A	59
5.4.4 Part Plat Ejektor Atas	61
5.4.5 Part Plat Ejektor Bawah.....	63
5.4.6 Part Plat Cekam Bawah	64
5.4.7 Part Plat Spacer	66
5.4.10Part Plat Cekam Atas	68
5.5 Tahapan Perakitan	71
5.5.1 Urutan Perakitan.....	72
5.6 Evaluasi Rancangan Cetak	74
5.6.1 Masalah Injeksi	74
5.6.2 Usulan Perbaikan	75

BAB 6 KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan 79

6.2 Saran 80

DAFTAR PUSTAKA xxi

LAMPIRAN 1 (Spesifikasi Mesin) xxiii

LAMPIRAN 2 (Gambar Detail Cetakan) xxv

LAMPIRAN 3 (Langkah Buka-an Cetakan) xxvii

BIOGRAFI PENULIS xxix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mesin Injeksi plastik (Metalindo, 2014)	5
Gambar 2.2	Spesific volume chart (scuedu, 2017)	8
Gambar 2.3	Spesimen 1 (ASTM D955, 2001)	9
Gambar 2.4	Spesimen 2 dan 3 (ASTM D955, 2001)	10
Gambar 2.5	Sprue (Menges,1986)	12
Gambar 2.6	Gaya Ejeksi (Menges,1986)	15
Gambar 2.7	Toleransi geometrik (taufiq roqim, 2001)	23
Gambar 2.8	Milling proses (kalpakjian,2009)	23
Gambar 2.9	Jenis cutter drilling (kalpakjian,2009)	25
Gambar 3.1	Diagram alir rancang bangun	29
Gambar 4.1	Layout Spesimen	36
Gambar 4.2	Diagram Alir Simulasi Moldflow	43
Gambar 4.3	project baru moldflow	44
Gambar 4.4	Import model moldflow	44
Gambar 4.5	Jenis Cetakan Moldflow	44
Gambar 4.6	Tipe Analisa Moldflow	45
Gambar 4.7	Lokasi Injeksi Moldflow	45
Gambar 4.8	Parameter injeksi moldflow	45
Gambar 4.9	Material moldflow	46
Gambar 4.10	Parameter proses moldflow	46
Gambar 4.11	Pre analysis check moldflow	46
Gambar 4.12	Simulasi Air TrapSpesimen	47
Gambar 4.13	Simulasi Confidence Of Fill	48
Gambar 5.1	Mesin CNC YCM	51
Gambar 5.2	Gambar Perakitan Cetakan	71
Gambar 5.3	Pengecekan Kelurusan	71
Gambar 5.4	Perakitan Bukaam Bawah	73
Gambar 5.5	Perakitan Bukaam Atas	73
Gambar 5.6	Hasil Aktual Perakitan	74
Gambar 5.7	Aktual Injeksi	74
Gambar 5.8	Produk Tersangkut	75
Gambar 5.9	Penambahan Spring	76
Gambar 5.10	Pembuatan Radius	76

(Halaman ini sengaja dikosngkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Material cetakan (Menges,1986).....	8
Tabel 2.2	Faktor ketebalan dinding (Menges,1986)	12
Tabel 2.3	Koefisien gesek (Menges, 1986).....	16
Tabel 2.4	Kedalaman venting (topworks plasticmold)	17
Tabel 2.5	Kualitas Toleransi 01 – 1 (rochim,2001).....	22
Tabel 2.6	Kualitas Toleransi 5 – 16 (rochim, 2001)	22
Tabel 2.7	Rekomendasi proses milling(Bohler, 2013).....	25
Tabel 2.8	Rekomendasi proses drilling (Bohler, 2013)	26
Tabel 2.9	Energi Proses Perautan (Kalpakjian, 2009).....	27
Tabel 4.1	Alternatif Spesimen	33
Tabel 4.2	Alternatif Runner.....	34
Tabel 4.3	Propertis Polypropelene.....	36
Tabel 5.1	Komponen Manufaktur.....	49
Tabel 5.2	Spesifikasi Mesin	51
Tabel 5.3	Proses Pemesinan Insert Core.....	53
Tabel 5.4	Proses Pemesinan plat B.....	56
Tabel 5.5	Proses Pemesinan plat A.....	59
Tabel 5.6	Proses Pemesinan plat Ejektor Atas	61
Tabel 5.7	Proses Pemesinan plat Ejektor Bawah.....	63
Tabel 5.8	Proses Pemesinan plat Cekam Bawah.....	64
Tabel 5.9	Proses Pemesinan plat Spacer	66
Tabel 5.10	Proses Pemesinan Plat Cekam Atas	68
Tabel 5.11	Produk Hasil Injeksi	77

(Halaman ini sengaja dikosngkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 (Spesifikasi Mesin)	xxi
Lampiran 2 (Gambar Detail Cetakan)	xxiii
Lampiran 3 (Langkah Bukaan Cetakan)	xxv

(Halaman ini sengaja dikosngkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Pemakaian plastik dalam kehidupan kita sangat besar, pada tahun 2016 pemakaian plastik di Indonesia sebesar 17 kg/kapita meningkat 6% sampai 7% dari tahun sebelumnya (LIPI). Jumlah plastik tersebut berasal dari berbagai jenis produk seperti kebutuhan dan peralatan rumah tangga hingga tingkat manufaktur. Produk – produk tersebut pada umumnya dibuat dengan cara dicetak menggunakan mesin injeksi dan material plastik yang digunakan berasal dari berbagai jenis seperti *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) dan sejenisnya.

Produk plastik yang dibuat pada umumnya menggunakan material jenis *Polypropylene* (PP) dikarenakan properties material yang memudahkan dalam proses injeksi namun material tersebut merupakan produk impor sehingga relatif mahal dan sulit untuk didapatkan didalam negeri. Selain itu banyak material alami di indonesia yang dapat dicampur dengan material plastik asli seperti *polypropylene* (PP) dan sejenisnya untuk dijadikan campuran material produk plastik, dengan maksud tersebut pada tahun 2015 Mutaqawiqin dkk melakukan studi eksperimental material biokomposit dengan komposisi *polypropylene* (PP), sekam dan *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) sedangkan pada tahun 2016 Arif dan Rahmat Basya melakukan studi eksperimental material biokomposit dengan komposisi *polypropylene* (PP), serat sisal dan *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP), kemudian biokomposit tersebut dicetak menjadi spesimen uji tarik dan uji impak untuk mengetahui sifat mekaniknya dengan pasti. Selain itu penelitian lainya mengenai material alternatif plastik dilakukan oleh P.Sudhakara (2013) dengan mencampur *polypropylene* dengan serat sisal dan serat sabut sedangkan Resha Sigid (2013) melakukan penelitian respon

cacat penyusutan dengan menggunakan campuran material *polypopelene* dan *polyethilene*.

Pada proses cetak geometri dan dimensi produk plastik harus sesuai dengan standard produk, namun material plastik memiliki sifat penyusutan yang mempengaruhi geometri dan dimensi produk hasil cetak tidak presisi sehingga diperlukan penelitian untuk mengetahui faktor penyusutan (*shrinkage*) material biokomposit tersebut. Untuk itu Tubagus Bima (2017) melakukan studi dan analisis penyusutan (*shrinkage*) material biokomposit dengan campuran serat sisal dan sekam padi, pada studi dan analisis tersebut material biokomposit dicetak menjadi spesimen *shrinkage* yang sesuai dengan standard ASTM D955.

Spesimen *shrinkage* material biokomposit dicetak di Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk dengan menggunakan mesin injeksi HAITIAN MA 900/260e. Untuk memenuhi proses cetak tersebut maka pada penelitian ini dirancang dan dibuat cetakan spesimen *shrinkage* yang sesuai dengan spesifikasi mesin injeksi. Setelah rancangan dibuat maka dibuat gambar detail cetakan untuk proses manufaktur serta dibuat gambar perakitan sebagai pedoman untuk proses perakitan. Setelah itu dibuat rancangan proses manufaktur yang dibutuhkan untuk membuat komponen cetakan. Setelah dibuat, cetakan dievaluasi dengan dilakukan percobaan cetak untuk mengamati kekurangan dari sisi perancangan dan kontruksi cetakan.

2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana rancangan cetakan spesimen *shrinkage* ASTM D955 untuk mesin *injeksi* HAITIAN MA 900/260e?
2. Bagaimana gambar kerja dan perakitan untuk cetakan spesimen *shrinkage* yang dapat dipahami?
3. Bagaimana hasil injeksi dengan menggunakan cetakan spesimen *shrinkage* yang sudah dibuat?

3. Tujuan Penelitian

1. Merancang dan membuat cetakan plastik spesimen *shrinkage* yang sesuai dengan ASTM D955 dan mesin HAITIAN MA 900/260e.
2. Membuat gambar kerja dan gambar perakitan.
3. Mengevaluasi cetakan berdasarkan hasil percobaan cetak.

4. Batasan masalah

1. Mesin *injeksi* yang digunakan adalah HAITIAN MA 900/260e.
2. Mesin CNC yang digunakan YCM MV – 106A
3. Material plastik yang digunakan yaitu biokomposit campuran *polypropylene* (PP) dengan sekam padi, *polypropylene* (PP) dengan serat sisal dan polypropylene tanpa campuran.

5. Manfaat penelitian

Manfaat penelitian dengan dibuat cetakan spesimen *shrinkage* dapat diketahui sifat *shrinkage* material biokomposit sehingga dapat mempermudah perancangan cetakan produk berbahan biokomposit dengan dimensi dan geometri produk yang akurat. Selain itu dapat digunakan untuk menentukan faktor *shrinkage* material lainnya yang dikembangkan di lab. Perancangan dan Pengembangan Produk Departemen Teknik Mesin ITS.

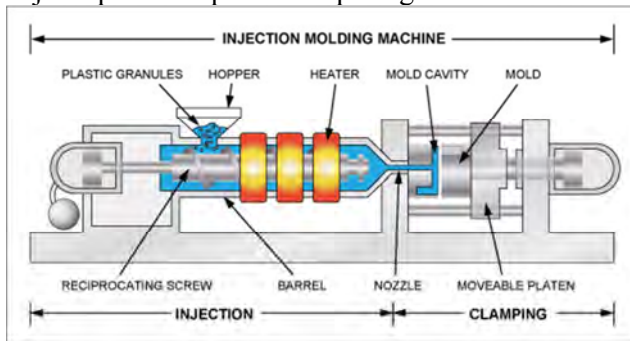
(Halaman ini sengaja dikosngkan)

BAB 2

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Injeksi

Proses injeksi molding adalah suatu proses pencetakan atau pembentukan material termoplastik dengan cara memanaskan material dalam keadaan yang plastik hingga meleleh. Material dipaksa mengalir dengan tekanan tinggi kedalam rongga cetakan sampai membeku. Setelah dilakukan pendinginaan, hasil cetakan dikeluarkan dari rongga cetakan. Gambar bagian-bagian dari mesin injeksi plastik dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mesin Injeksi plastk (Metalindo, 2014)

Didalam mesin injeksi molding terdapat 3 bagian utama yaitu:

1. Clamping unit

Merupakan tempat untuk menyatukan molding. *Clamping system* sangat kompleks dan didalamnya terdapat cetakan untuk membentuk produk, *dwelling* untuk memastikan mold terisi penuh oleh resin, *injection* untuk memasukkan resin melalui *sprue*, *ejection* untuk mengeluarkan hasil cetakan plastik dari molding.

2. Plasticizing Unit

Merupakan bagian untuk memasukan plastik (*resin*) dan pemanasan. Bagian dari *plasticizing unit* : *hopper* (untuk memasukan resin); *Screw* (untuk mencampurkan material supaya merata); *Barrel*; *Heater* dan *Nozzle*.

3. *Drive Unit*

Drive unit digunakan untuk melakukan kontrol kerja dari injection molding, terdiri dari motor untuk menggerakkan screw; Injection Piston menggunakan *Hydraulic system* (sistem pompa) untuk mengalirkan fluida dan menginjeksi resin cair ke *mold*.

Langkah kerja utama pada proses injeksi bias dijelaskan sebagai berikut: (1) Cetakan menutup, (2) Injeksi dimulai, unit injeksi maju hingga *nozzle* merapat ke cetakan. (3) *screw* bergeser maju sehingga material plastik dengan tekanan tinggi diinjeksikan ke dalam cetakan. (4) *Fase Holding time*, merupakan waktu tunggu hingga material plastik membeku dan kaku sehingga siap dikeluarkan. (5) Unit injeksi mundur agar sprue bush tidak terkena panas dari *nozzle* (6) *Screw* bergeser ke belakang (7) Cetakan terbuka, produk serta runner dikeluarkan.

2.2 **Cetakan Plastik**

Cetakan plastik adalah komponen yang digunakan untuk membentuk produk berbahan plastik atau sejenisnya dari proses injeksi pada mesin *injection mold*. Pada dasarnya cetakan terdiri dari 2 bagian yang dipasang secara setangkup sehingga menghasilkan rongga berbentuk geometri produk yang akan dibuat.

2.2.1 **Jenis-Jenis Cetakan**

Terdapat beberapa jenis moldbase diantaranya:

a. 2 Plate mold base

Two plate moldbase merupakan jenis *moldbase* dengan menggunakan 2 *plate* yaitu *cavity plate* sebagai tempat pemasangan rongga cetak serta ruang untuk jalur *runner* dan *core plate*. Proses pengeluaran produk terjadi dengan memanfaatkan *ejector pin* pada saat proses pergerakan membuka (*mold open*). Sedangkan runner terlepas mengikuti *cavity plate* yang terpasang pada *fix plate*.

b. 3 plate mold base

Three plate moldbase merupakan jenis *moldbase* yang menggunakan 3 *plate* yaitu *stripper plate*, *cavity plate* dan *core plate*. Pada proses membuka, *sprue* dan *nozzle* dapat terpotong langsung secara bersamaan dengan membukanya *cavity plate*. Sehingga *runner* dapat diambil dengan mudah secara manual oleh tangan terpisah dari produk pada saat *stripper plate* bergerak setelah baut penarik tertarik oleh *cavity plate*. Pada proses ini terdapat jarak antara *stripper* dan *cavity plate* sehingga cetakan dapat keluar dari inti.

2.2.3 Material Cetakan

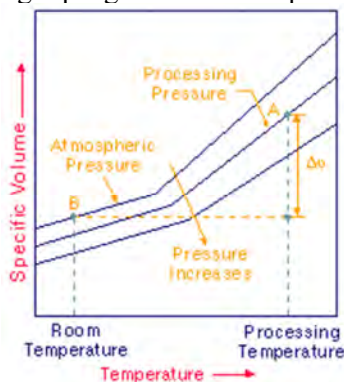
Material cetakan plastik yang dipilih harus mempertimbangkan beberapa faktor diantaranya *machine ability*, *polish ability*, tahan korosi, jumlah produksi, kemampuan memindahkan panas dan kuat. *Machine ability* merupakan kemampuan material untuk dapat diproses pemrosesan karena pada pembuat cetakan beberapa komponen perlu untuk diproses menggunakan *non konvensional machining*. *Polish ability* merupakan kemampuan material agar permukaannya dapat diperhalus karena kekasaran permukaan berpengaruh terhadap hasil produk. Jumlah produksi dan kekuatan material merupakan faktor yang berkaitan karena jumlah produksi yang tinggi membutuhkan material yang lebih kuat dibandingkan dengan jumlah produksi yang rendah, hal ini juga didasari pada *life time* material yang terbatas sehingga diperlukan pergantian komponen. Beberapa material yang diaplikasikan pada cetakan plastik dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Material cetakan (Menges,1986)

Material	Deskripsi
AISI 1020	Rekomendasi untuk part <i>ejektor plate</i> and <i>retainer ejektor</i> .
AISI 1030	Rekomendasi untuk <i>moldbase</i> dan komponen struktur seperti <i>spacer</i> dan <i>clamping plate</i> .
AISI 6150	Rekomendasi untuk komponen <i>sprue bushing</i> .
AISI H13	Rekomendasi untuk <i>cavity</i> , <i>ejektor pin</i> , <i>core pin</i> , <i>return pin</i> , <i>sprue puller</i> .
AISI P20	Rekomnedasi untuk <i>cavity insert</i> .

2.3 Shrinkage

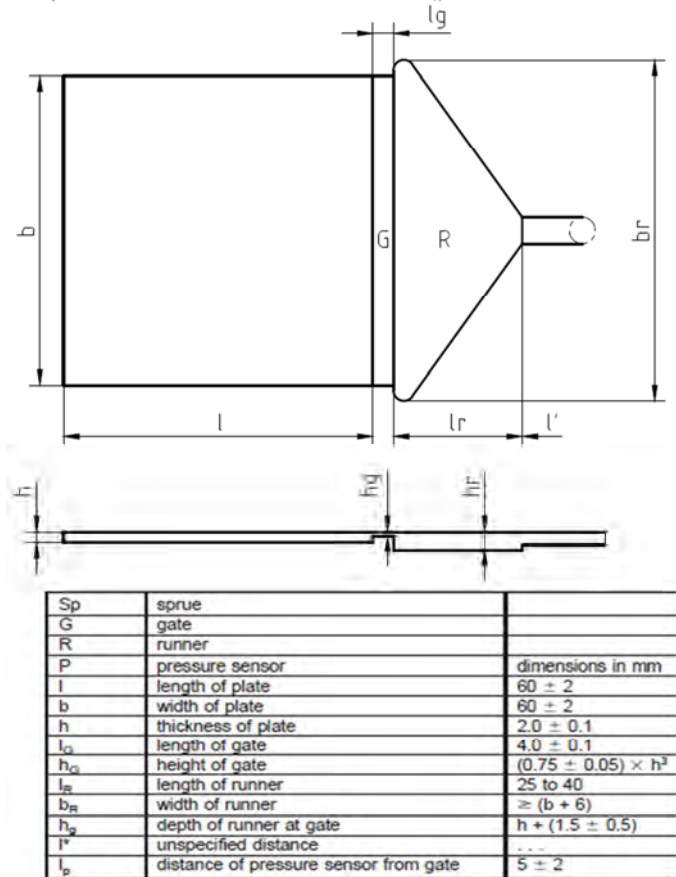
Shrinkage merupakan peyusutan volume dari plastik yang diinjeksikan dengan volume produk yang dihasilkan dari proses cetak. *Shrinkage* ini terjadi disebabkan oleh perbedaan faktor *specific volume* ($1/\rho$) yang dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan injeksi. Pada proses injeksi, temperatur proses lebih tinggi dibandingkan temperatur ruang sehingga *specific volume* material plastik akan lebih tinggi pada saat proses injeksi dibandingkan saat temperatur ruang seiring dengan peningkatan dari tekanan injeksi. Pada gambar 2.2 menjelaskan perubahan *specific volume* yang dipengaruhi oleh temperatur.



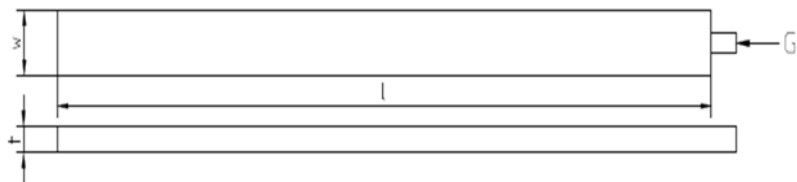
Gambar 2.2 Spesific volume chart (scuedu, 2017)

2.4 Spesimen Shrinkage ASTM D955

Pada standard ASTM D955 terdapat 3 standard spesimen yang digunakan untuk menganalisa *shrinkage* pada material plastik seperti pada gambar 2.3 dan 2.4. spesimen tersebut memiliki geometri dan dimensi yang berbeda dan untuk penerapan pada cetakan mempertimbangkan area cetakan, arah aliran plastik serta kualitas dari hasil injeksi.

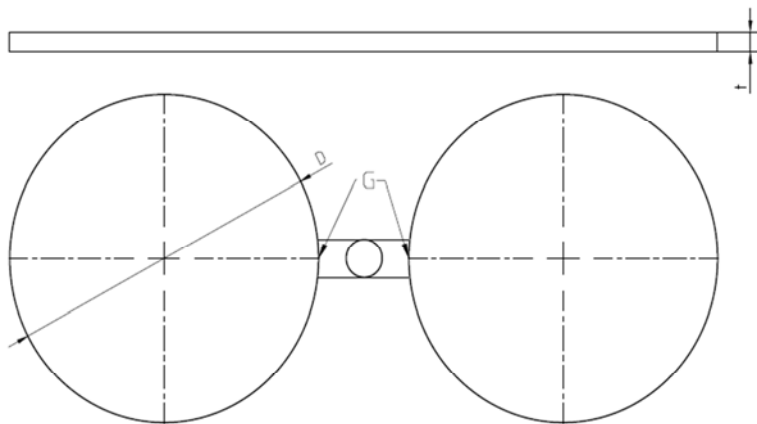


Gambar 2.3 Spesimen 1 (ASTM D95, 2001)



$w = 12.7 \pm 0.2 \text{ mm}$
$t = 3.2 \pm 0.05 \text{ mm}$
$l = 127 \pm 2 \text{ mm}$
$G = \text{Gate}$
$P = \text{Pressure Transducer}$

FIG. 3 Bar Specimen



$t = 3.2 \pm 0.05 \text{ mm}$
$D = 100 \pm 2 \text{ mm}$
$G = \text{Gate}$
$P = \text{Pressure Transducer}$

FIG. 4 Disk Specimen

Gambar 2.4 Spesimen 2 dan 3 (ASTM D955, 2001)

2.5 Perancangan Cetakan

2.5.1 Rongga Cetak

Cavity merupakan rongga yang akan diisi oleh material plastik sehingga dimensi dan geometrinya menyerupai produk. Pada pembuatan spesimen *shrinkage* ukuran dan geometri *cavity* dibuat sama dengan dimensi spesimen yang digunakan.

Banyaknya *cavity* dalam satu *moldbase* ditentukan dengan mempertimbangkan ukuran *moldbase* yang tersedia dan standard produk yang digunakan.

2.5.2 Clamping Forca Aktual

Clamping force aktual adalah gaya cekam yang terjadi pada saat proses *injeksi*. Nilai dari *clamping force* aktual harus lebih kecil dari gaya *clamping force* mesin sehingga produk aman saat diinjeksi. Besarnya *clamping force* ditentukan dengan persamaan (*menges, 1986*):

$$F_{ac} = P_{ac} \times A_p \times NOC \quad (2-1)$$

Dimana,

F_{ac} : *Clamping Force* (kg)

P_{ac} : *Clamping pressure* (kg/cm²)

A_p : Luas proyeksi (cm²)

NOC : Jumlah *cavity*

Clamping pressure dicari dengan menggunakan persamaan (2-2) dimana nilai F_s (faktor ketebalan dinding ditentukan pada tabel (2.2)).

$$P_{ac} = F_s \times F_p \quad (2-2)$$

Dimana,

F_s : Faktor tebal dinding (kg /cm³)

F_p : *Flowpath* (cm)

Tabel 2.2 faktor ketebalan dinding (Menges,1986)

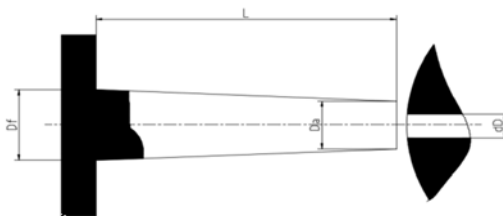
Tebal dinding	Faktor	Tebal dinding	Faktor
0,6	70	1,4	15
0,7	57	1,5	13
0,8	45	1,6	11
0,9	35	1,7	10
1	30	1,8	9
1,1	26	1,9	8
1,2	21	2,0	7

2.5.3 Saluran Injeksi

Cairan plastik yang memasuki rongga cetakan terlebih dahulu melalui saluran cetak diantaranya *sprue*, *runner* dan *gate*. *Sprue* merupakan komponen yang bersentuhan langsung dengan *nozzle* dari mesin sedangkan *runner* merupakan penghubung dari *sprue* menuju *gate*, bentuk dari *runner* dibuat mempertimbangkan proses pemesinan dan kemudahan dalam mengalirkan cairan plastik. *Gate* merupakan pintu masuk menuju rongga cetak pemilihan bentuk *runner* mempertimbangkan mekanisme bukaan, aliran plastik dan proses pembuatan.

a. Sprue

Perencanaan dimensi *sprue* harus mempertimbangkan dimensi dari *nozzle* mesin.



Gambar 2.5 Sprue (Menges,1986)

Dimensi ujung *nozzle* ditentukan dengan persamaan

$$da = dD + 1 \text{ mm} \quad (2-3)$$

dimana,

da : diameter pangkal *nozzle* (mm)

dD : diameter *nozzle* (mm)

kemudian df (diameter ujung) ditentukan dengan mempertimbangkan sudut kemiringan yang berkisar antara $1^\circ - 2^\circ$.

b. Runner

Runner harus mampu meminimumkan *pressure loss*, tetapi cukup kecil untuk menghemat waktu siklus. Beberapa jenis runner diantaranya :

1. Runner lingkaran

Bentuk *runner* ini memerlukan 2 plat, dimana pada masing-masing plat dibentuk setengah lingkaran.

2. Runner setengah lingkaran

Pada bentuk *runner* setengah lingkaran ini proses pemesinan alur *runner* hanya dilakukan pada satu plat.

3. Runner segiempat

Bentuk *runner* seperempat lingkaran tidak jauh berbeda dengan setengah lingkaran dan dilakukan pada satu pelat.

4. Runner trapesium

Runner ini berbentuk trapezium sehingga memudahkan dalam proses pembuatan kemudian dilakukan pada satu plat.

5. Runner parabolic

Bentuk *runner* hampir sama dengan runner setengah lingkaran namun tidak terdapat sudut tajam disisi luarnya. Pembuatan hanya pada satu plat.

c. Gate

Pada perencanaan cetakan terdapat beberapa jenis gate diantaranya:

1. Sprue gate
2. Disk Gate
3. Tunnel/Submarine Gate
4. Edge gate/Side Gate
5. Fan Gate
6. Ring Gate
7. Pinpoint Gate

2.5.4 Penurunan Tekanan

Fluida yang mengalir pada suatu medium selalu mengalami penurunan tekanan dari tekanan awalnya yang disebut penurunan tekanan (*pressure drop*). Hal ini mengakibatkan tekanan injeksi yang terjadi akan berkurang karena adanya gesekan antara material plastik dengan dinding saluran cetakan

Untuk menganalisa penurunan tekanan perlu dilakukan perhitungan *headloss* pada tiap bagian menuju rongga cetak. Aliran sederhana pada saluran berbentuk pipa dengan pengampang yang konstan memberikan *headloss* (*Fox and Mc Donald, 1994*) :

$$V_p = \frac{Q_{mesin}}{A_{avg} \times \rho} \quad (2-4)$$

dimana,

- V_p : Kecepatan aliran plastik (m/s)
 A_{avg} : Luas penampang rata – rata (m^2)
 Q_{mesin} : Kapasitas aliran mesin (g/s)
 ρ : massa jenis (gr/cm^3)

Harga f terantung perlakuan aliran fluida yang terjadi didalam saluran cetakan. Identifikasi jenis aliran tersebut menggunakan bilangan *reynold* sehingga koefisien gesek yang terjadi:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2-5)$$

Pada aliran melalui penampang tidak konstan perhitungan *headloss* menggunakan persamaan:

$$hl = \left(f \frac{L}{D} + K \right) \frac{V^2}{2} \quad (2-6)$$

Setelah *headloss* diketahui kemudian dapat memperhitungkan besarnya *pressure drop* yang terjadi pada saluran injeksi. Besarnya *pressure drop* menggunakan persamaan:

$$\Delta P = h_e \cdot \rho \quad (\text{Mpa}) \quad (2-7)$$

Pressure drop yang terjadi pada saluran injeksi merupakan penjumlahan *pressure drop* pada setiap bagian saluran seperti *sprue*, *runner* dan *gate* sehingga total *pressure drop* merupakan penjumlahan dari bagian-bagian tersebut

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_{\text{sprue}} + \Delta P_{\text{runner}} + \Delta P_{\text{gate}} \quad (2-8)$$

2.5.5 Perencanaan ejeksi

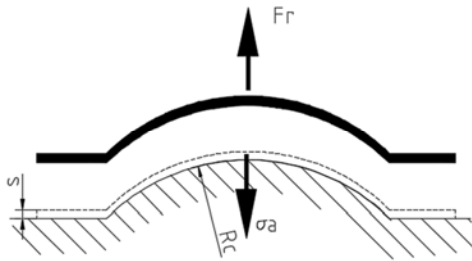
2.5.5.1 Gaya Ejeksi

Untuk melepaskan produk dari permukaan *moldbase* diperlukan gaya yang melawan gaya cengkraman produk terhadap cetakan. Tegangan tarik yang terjadi saat produk mencengkram cetakan besarnya (Menges, 1986) :

$$F_r = f_e \cdot \sigma_a \cdot A_c \cdot n \quad (2-9)$$

Besarnya tegangan kontak antara material dan core plate yaitu:

$$\sigma_a = \sigma \cdot S_m / R_c \quad (2-10)$$



Gambar 2.6 gaya ejeksi(Menges,1986)

Sehingga gaya pelepasan produk

$$F_r = f_e \cdot \sigma \cdot S_m / R_c \cdot A_c \cdot N.O.C \quad (2-11)$$

Dimana:

F_r = Gaya pelepasan produk (N)

f_e = koefisien gesek antara plastik dengan permukaan plat

- Ac = Luas permukaan produk yang mencengkram permukaan plate
 NOC = Jumlah *cavity*
 Pa = Tegangan kontak antara molding dan core
 σ = Tegangan tarik material
 Sm = Tebal produk yang berada di Core plate
 Rc = Jari-jari kontak

Tabel 2.3 koefisien gesek (Menges, 1986)

Material	Koefisien gesek plastik terhadap kekasaran permukaan		
	1 um	6 um	20 um
PE	0.38	0.52	0.70
PP	0.47	0.5	0.84
PS	0.37	0.52	1.82
ABS	0.35	0.46	1.33
PC	0.47	0.68	1.6

2.5.5.2 Dimensi Ejektor Pin

Ejektor pin merupakan komponen untuk mengeluarkan produk dari bagian cetakan. Penentuan jumlah cetakan dan dimensi dari ejektor pin mempertimbangkan gaya ejeksi yang bekerja. Penentuan ejektor pin menggunakan persamaan (*siswoto, 1990*) :

$$D_{pin} = 1.2^4 \sqrt{\frac{Fr \cdot L_{pin}}{E}} \quad (2-12)$$

Dimana,

- D_{pin} : Diameter ejektor pin (m)
 Fr : Gaya pelepasan produk (N)
 L_{pin} : Panjang ejektor pin (m)
 E : Modulus Elastisitas (N/m²)

2.5.6 Perencanaan Venting

Venting merupakan celah kecil yang berfungsi untuk mengeluarkan udara yang terjebak dalam rongga cetak akibat tekanan plastik yang masuk. *Venting* ditempatkan disalah satu posisi parting line dari cetakan atau perkiraan akhir dari aliran plastik yang mengisi rongga cetak.

Dimensi dari *venting* ini direncanakan dengan mempertimbangkan udara yang keluar dan tidak terlalu besar karena akan menimbulkan cacat produk. Besarnya *venting* yang terdapat pada cetakan ditentukan berdasarkan material yang digunakan seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 kedalaman *venting* (*plasticmold, 2017*)

Material	Depth of vent (mm)
ABS	0.025 – 0.038
PC	0.05
PP	0.013 – 0.025
PS	0.013 – 0.025
PE	0.013 – 0.025

2.6 Waktu Siklus Proses Injeksi

Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencetak produk dimulai saat waktu menutup cetakan hingga produk dikeluarkan dan cetakan menutup kembali. Waktu siklus terdiri dari waktu gerak cetakan, waktu injeksi, waktu pengeluaran produk dan waktu pendinginan.

2.6.1 Waktu Gerak Cetakan

Waktu gerak cetakan adalah waktu yang dibutuhkan untuk membuka dan menutup cetakan.

a. Waktu gerak cetakan membuka

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk membuka cetakan

$$T_{bb} = \frac{L_{buka}}{V_{bb}} \quad (2-13)$$

dimana,

t_{bb} : waktu cetakan membuka

L_{buka} : panjang bukaan

V_{bb} : kecepatan bukaan cetakan

- b. Waktu gerak cetakan menutup

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk menutup cetakan

$$T_{bt} = \frac{L_{tutup}}{V_{bt}} \quad (2-14)$$

dimana,

t_{bt} : waktu cetakan menutup

L_{tutup} : panjang bukaan

V_{bt} : kecepatan menutup cetakan

2.6.2 Waktu Injeksi

Waktu injeksi adalah waktu yang dibutuhkan plastik cair mengisi semua rongga cetak.

$$T_i = T_i^* + T_h \quad (2-15)$$

- a. Waktu injeksi sebenarnya (T_i^*)

Waktu injeksi sebenarnya, adalah waktu yang dibutuhkan plastik mengisi rongga cavity.

$$T_i^* = \frac{V_p}{0,8 \times Q_{mesin}} \quad (2-16)$$

- b. *Holding time* (T_h)

Holding time adalah waktu yang dibutuhkan polimer dalam rongga agar produk cetak benar-benar mampat. Setelah proses penginjeksian selesai *nozzle* tidak langsung bergerak kebelakang namun diam selama (1-3) detik untuk memampatkan cairan plastic dalam rongga cetak.

2.6.3 Waktu Pengeluaran Produk

Merupakan waktu yang dibutuhkan ejektor untuk mendorong produk keluar dari cetakan dan kembali ke posisi awal.

- a. Waktu gerak mendorong (t_l)

Adalah waktu yang dibutuhkan ejektor untuk mendorong produk keluar dari cetakan.

$$t_l = \frac{L_{bb}}{V_{bb}} \quad (2-17)$$

- b. Waktu gerak ejektor kembali (t_k)

Adalah waktu yang diperlukan oleh ejektor untuk kembali ke posisi semula

$$t_k = \frac{L_k}{V_k} \quad (2-18)$$

c. Waktu plastik jatuh

Setelah produk lepas dari cetakan maka harus memberikan kesempatan beberapa saat agar produk jatuh dan tidak terjepit saat cetakan kembali menutup.

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2 g h} \\ t_j &= \frac{h}{V} \end{aligned} \quad (2-19)$$

Jadi waktu pengeluaran produk adalah

$$T_e = t_l + t_k + t_j \quad (2-20)$$

2.6.4 Waktu Pendinginan

Waktu pendinginan adalah waktu yang diperlukan untuk menurunkan temperatur dinding cetakan dari temperatur pemasukan plastik hingga saat produk dikeluarkan dari cetakan. Perumusan sebagai berikut (*menges, 1986*):

$$T_c = \frac{S \max^2}{\pi^2 \cdot \lambda p} \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \frac{T_m - T_w}{T_e - T_w} \right) \quad (2-21)$$

Dimana,

$S \max$: Tebal produk maksimal

T_m : Temperatur leleh ($^{\circ}\text{C}$)

T_e : Temperatur pengeluaran produk ($^{\circ}\text{C}$)

T_w : Temperatur dinding kaviti ($^{\circ}\text{C}$)

λp : Diffusi panas material (mm^2/s)

2.6.5 Waktu Total Siklus

Waktu total siklus merupakan penjumlahan dari semua waktu sertiap tahapan proses dan dirumuskan sebagai berikut:

$$T_{\text{sikl}} = T_{\text{bb}} + T_{\text{bt}} + T_i + T_e + T_c \quad (2-22)$$

Dimana;

T_{sikl} : Waktu siklus injeksi (s)

T_{bb} : Waktu buka cetakan (s)

T_{bt} : Waktu menutup cetakan (s)

T_i : Waktu Injeksi (s)

T_c : Waktu pendinginan (s)

2.7 Software Simulasi

2.7.1 Moldflow Adviser

Dalam perkembangan teknologi khususnya bidang *injection molding* penggunaan *software* sangat membantu dan mempermudah dari proses perencanaan produk, cetakan hingga pada perencanaan setting proses injeksi. Salah satu *software* tersebut adalah *software moldflowadviser* yang khusus untuk mengevaluasi perencanaan yang dilakukan dengan input data aktual yaitu jenis material yang dipakai dan kemampuan mesin injeksi yang digunakan serta parameter proses untuk thermoplastik tertentu. Tujuan utama dari penggunaan *software* ini adalah mempermudah analisa proses injeksi plastik, jika terdapat kekurangan berupa cacat dari hasil simulasi maka dapat dilakukan perbaikan pada proses perencanaan.

Hasil simulasi dengan menggunakan *software moldflow* ini berupa informasi unjuk kerja seperti *waktu injeksi*, *tekanan injeksi*, temperatur, waktu pendinginan, *quality prediction*, arah aliran (*orientation skin*), waktu tunggu (*holding time*) dan parameter proses yang ditampilkan oleh kontur warna dengan informasi yang berbeda.

a. Waktu Injeksi

Waktu *Injeksi* adalah waktu yang dibutuhkan plastik untuk mengisi penuh rongga cetak. Pada *moldflow* informasi tersebut ditunjukkan oleh kontur warna dengan informasi waktu pada warna tertentu

b. Tekanan Injeksi

Tekanan injeksi merupakan tekanan minimum yang dibutuhkan untuk mengisi rongga cetak, pada *moldflow* penentuan tekanan *injeksi* dipengaruhi oleh geometri produk dan panjang aliran dari sprue hingga ujung produk.

c. Waktu pendinginan

Plastik yang diinjeksikan berada pada kondisi meleleh dikarenakan hasil pemanasan pada barrel. Pada kondisi tersebut plastik mengisi rongga kaviti dan didiamkan hingga kembali membeku, untuk mengoptimalkan waktu pendinginan tersebut

maka dibuat sistem perpindahan panas dengan menempatkan saluran pendingin yang telah direncanakan.

d. Orientation of skin

Orientation skin merupakan arah aliran hasil proses injeksi yang dipengaruhi oleh hasil geometri produk, pada dasarnya jika produk dengan geometri rumit akan menghasilkan arah aliran yang bervariasi. Pada *moldflow orientation skin* ditunjukkan dengan garis berwarna biru.

e. Weldline

Weldline merupakan pertemuan 2 atau lebih aliran plastik yang terjadi dalam rongga cetak. *weldline* ini dapat mempengaruhi kekuatan dari produk plastik. Pada *moldflow weldline* ini ditunjukkan oleh garis dengan variasi warna.

f. Airtrap

Pada dasarnya rongga cetak dan saluran injeksi terisi oleh udara sehingga pada saat aliran lelehan plastik mengisi udara tertekan dan terdorong hingga akhir rongga cetak. Udara yang terdorong tersebut harus dapat dikeluarkan dari rongga cetak menggunakan saluran venting dengan dimensi tertentu. Fenomena terdorongnya udara oleh plastik hingga akhir pengisian dan terkumpul disebut *air trap*.

g. Quality prediction

Quality predction merupakan perkiraan hasil akhir produk injeksi yang dipengaruhi oleh cacat produk yang dapat timbul, pada *moldflow* ditunjukkan dengan warna tertentu dengan informasi persentase pada tiap warna.

2.8 Toleransi

2.8.1 Toleransi Dimensi

Suatu alat atau benda kerja sangat sulit untuk dibuat dengan ukuran yang tepat sesuai permintaan, karena menyangkut ketelitian dalam proses pembuatannya. Hal ini menuntut kesadaran dari seorang perencana bahwa perlu diberikan dua batas penyimpangan ukuran yang diizinkan disebut toleransi.

Oleh ISO ditetapkan 18 kualitas toleransi standard yaitu mulai dari IT 01, IT 0, IT 1 sampai dengan IT 16. Untuk kualitas 5 hingga 16 nilai toleransi standard dapat dihitung dengan satuan toleransi I yaitu (*taufiq rochim,2001*) :

$$i = 0.45 \sqrt{D} + 0.001D \quad (2-23)$$

dimana :

i : dalam micrometer

D : diameter nominal (mm)

Harga D merupakan rata-rata geometris dari diameter minimum D_1 dan maksimum D_2 pada saat tingkat diameter ($D = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$)

Untuk menentukan toleransi standard IT 01, 0 dan 1 dapat dipergunakan persamaan pada tabel 2.5 sedangkan untuk kualitas 5 hingga 16 pada tabel 2.6.

Tabel 2.5 Kualitas toleransi 01 -1 (taufiq rochim, 2001)

	IT 01	IT 0	IT 1
Nilai dalam um untuk D dalam mm	$0.3 + 0.008 D$	$0.5 + 0.012 D$	$0.8 + 0.020D$

Tabel 2.6 Kualitas toleransi 5-16 (taufiq rochim, 2001)

Kualitas	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
Nilai i	7 i	10 i	16 i	25 i	40 i	64 i	100 i	160 i	250 i	400 i	640 i	1000 i

2.8.2 Toleransi Geometri

Dalam proses pembuatan suatu produk (benda kerja) yang teliti, penyimpangan bentuk, posisi, lokasi dan penyimpangan putar terhadap suatu elemen geomteri (titik, garis, permukaan, atau bidang tengah), harus secara jelas dibatasi dengan nilai toleransi tertentu. Toleransi yang membatasi penyimpangan benntuk. Posisi, lokasi dan penyimpangan putar terhadap suatu elemen geometris disebut sebagai toleransi geometri.

Berdasarkan ISO 1101, Toleransi geometrik dapat dibagi menjadi 3 bagian berdasarkan elemen pembentuk sebuah geometri yaitu: elemen tunggal, elemen tunggal yang

berhubungan dan elemen yang berhubungan seperti pada gambar 2.7.

Elemen dan toleransi		Karakter yang dikontrol oleh toleransi	Simbol
Elemen tunggal Elemen bagian	BENTUK	Kelurusan (straightness)	
		Kedataran (flatness)	
		Kebulatan (circularity/roundness)	
		Kesilindrisan (cylindricity)	
		Profil garis (profile of any line)	
		Profil permukaan (profile of any surface)	
Elemen yang berhubungan	ORIENTASI	Kesajajaran (parallelism)	
		Ketegaklurusan (perpendicularity)	
		Kemiringan (angularity)	
		Posisi (position)	
	KOSESI	Konsentrisitas dan kesamaan sumbu (concentricity and coaxiality)	
		Kesimetrisan (symmetry)	
	PUTAR	Putar (run-out)	
		Putar total (total run-out)	

Gambar 2.7 Toleransi geometric(taufiq rochim, 2001)

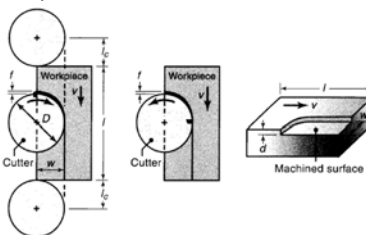
2.9 Proses Pemesinan

Proses Manufaktur merupakan suatu proses perautan antara pisau (*cutter*) dengan material logam dimana material *cutter* lebih keras dibandingkan material logam hingga membentuk geometri yang direncanakan.

2.9.1 Milling

Milling adalah salah satu proses perautan dimana *cutter* berputar dan benda kerja dicekam untuk membentuk geometri luar logam. Pada proses *milling* terdapat beberapa jenis *cutter* yang dapat digunakan sesuai dengan geometri yang akan dibentuk seperti pada lampiran.

Pada proses perautan kualitas permukaan material logam yang diproses bergantung dari jenis dan material *cutter* serta parameter kontrol proses seperti kecepatan perautan dan *Material Removal Rate* (MRR).



Gambar 2.8 Milling proses (kalpakjian,2009)

Untuk menentukan kecepatan potong cutter (feed per tooth) menggunakan persamaan (kalpakjian,2009):

$$f_e = \frac{V_r}{Nn} \quad (2-24)$$

dimana,

f_e : *feed per tooth* (mm/tooth)

V_r : *feed rate* (m/min)

N : kecepatan putar (rpm)

n : jumlah gigi *cutter*

kemudian dapat menentukan waktu proses perautan dengan persamaan:

$$t = \frac{lc+l}{N.f_e.n} \quad (2-25)$$

dimana,

t : Waktu proses

Kemudian MRR dari proses dapat ditentukan dengan persamaan:

$$MRR = \frac{L_{cut} W_{cut} d_c}{t} \quad (2-26)$$

Dimana,

MRR = *Material Removal Rate* (mm³/min)

L_{cut} = panjang proses pengerjaan (mm)

W_{cut} = lebar proses pengerjaan (mm)

d_c = *depth of cut* (mm)

Untuk menentukan besarnya pemakanan (*feed*) bergantung dari jenis cutter dan material logam yang diproses sehingga terdapat rekomendasi proses berdasarkan parameter tersebut. Tabel (2.7) menjelaskan rekomendasi parameter *cutting speed* hingga *feed* untuk material khusus cetakan.

Tabel 2.7 Rekomendasi proses milling(Bohler,2013)

MILLING

Face and square shoulder milling

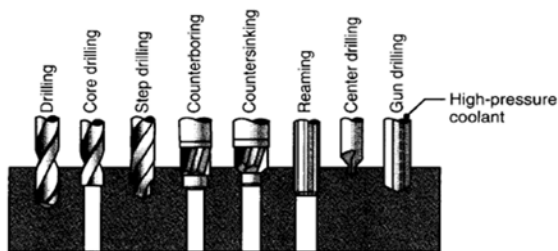
Cutting data parameters	Milling with carbide	
	Rough milling	Fine milling
Cutting speed (v_c) f.p.m. m/min	265-492 80-150	492-823 150-190
Feed (f_z) inch/tooth mm/tooth	0.008-0.016 0.2-0.4	0.004-0.008 0.1-0.2
Depth of cut (a_p) inch mm	0.08-0.16 2-4	-0.08 -2
Carbide designation US ISO	C6-C5 P20-P40 Coated carbide	C7-C6 P10-P20 Coated carbide or cermet

End milling

Cutting data parameters	Type of milling		
	Solid carbide	Carbide indexable insert	High speed steel
Cutting speed (v_c) f.p.m. m/min	230-361 70-110	262-394 80-120	49-66 ¹⁾ 15-20 ¹⁾
Feed (f_z) inch/tooth mm/tooth	0.001-0.008 ²⁾ 0.03-0.20 ²⁾	0.003-0.008 ²⁾ 0.08-0.20 ²⁾	0.002-0.014 ²⁾ 0.05-0.35 ²⁾
Carbide designation US ISO	- -	C6-C5 P20-P40	- -

2.9.2 Boring dan Drilling

Drilling adalah proses pembuatan awal lubang sedangkan *boring* merupakan pelebaran lubang yang sudah dibuat pada proses *drilling* menggunakan mesin vertikal *drilling*. Secara umum lubang yang dibuat mempunyai fungsi sebagai penghubung sehingga diperlukan suaian yang baik. Suaian tersebut dibuat dengan menggunakan beberapa jenis cutter sesuai dengan bentuk lubang yang akan dibentuk. Jenis-jenis *cutter* seperti pada gambar (2.14).



Gambar 2.9 Jenis cutter drilling (kalpakjian,2009)

Menentukan Kecepatan putar untuk proses perautan dapat menggunakan persamaan berikut (kalpakjian,2009):

$$N : \frac{Cs \times 1000}{\pi \times dia \text{ tool}} \quad (2-27)$$

Dimana,

Cs = Cutting Speed (m/min)

N = Putaran mesin (rev/min)

Sedangkan untuk menentukan besarnya *material removal rate* (MMR) menggunakan persamaan (kalpakjian,2009):

$$MRR : \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) f e . N \quad (2-28)$$

Dimana,

MRR = Material Removal Rate (mm³/min)

Penentuan parameter proses *cutting speed* dan *feed* pada proses *boring* dan *drilling* dipengaruhi oleh material logam yang akan diproses sehingga dapat menggunakan tabel rekomendasi proses *drilling*.

Tabel 2.8 Tabel Rekomendasi proses *drilling* (Bohler,2013)

DRILLING

High speed steel twist drill

Drill diameter		Cutting speed (v _c)		Feed (f)	
inch	mm	f.p.m.	m/min	i.p.r.	mm/r
~3/16	~5	46-52	14-16*	0.003-0.008	0.08-0.15
3/16-3/8	5-10	46-52	14-16*	0.006-0.010	0.15-0.25
3/8-5/8	10-15	46-52	14-16*	0.010-0.012	0.25-0.30
5/8-3/4	15-20	46-52	14-16*	0.012-0.014	0.30-0.35

Pada proses perautan dibutuhkan suatu energi dari motor untuk bisa meraut suatu volume tertentu dan pada tabel 2.9 menjelaskan beberapa jenis material dengan perkiraan energi yang dibutuhkan untuk meraut material dengan volume tertentu.

Tabel 2.9 Energy proses perautan (kalpakjian,2009)

TABLE 21.2

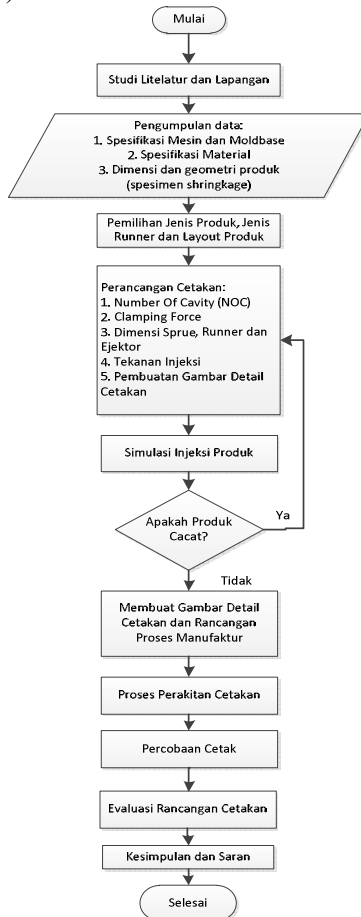
Approximate Range of Energy Requirements in Cutting Operations at the Drive Motor of the Machine Tool (for Dull Tools, Multiply by 1.25)	
Material	Specific energy $W \cdot s/mm^3$
Aluminum alloys	0.4–1
Cast irons	1.1–5.4
Copper alloys	1.4–3.2
High-temperature alloys	3.2–8
Magnesium alloys	0.3–0.6
Nickel alloys	4.8–6.7
Refractory alloys	3–9
Stainless steels	2–5
Steels	2–9
Titanium alloys	2–5

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Rancang Bangun Cetakan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam merancang bangun cetakan spesimen untuk analisa *shrinkage* ditunjukkan pada gambar (3.1).



Gambar 3.1 Diagram alir rancang bangun

3.2 Langkah – Langkah Rancang Bangun

Langkah-langkah yang dilakukan untuk merancang bangun cetakan spesimen untuk analisa *shrinkage* diawali dengan studi literatur dan lapangan serta pengumpulan data mesin dan material yang digunakan. Kemudian dilakukan pemilihan bentuk spesimen dan jenis *runner* serta layout cetak. Setelahnya dilakukan perancangan cetakan dan simulasi injeksi, jika hasil produk baik maka dilakukan penggambaran cetakan, pembuatan komponen cetak hingga perakitan cetakan. Cetakan yang sudah dibuat kemudian dilakukan percobaan cetak dan evaluasi rancangan cetak untuk dapat disimpulkan hasilnya.

3.2.1 Studi Literatur dan Lapangan

Literatur yang dipelajari dalam rancang bangun cetakan meliputi proses injeksi plastik, perancangan cetakan plastik, ASTM D955, simulasi proses injeksi, material dan konstruksi cetakan, proses pemesinan dan perakitan serta penggambaran komponen cetakan dan susunan. Kemudian melakukan studi lapangan untuk mengetahui jenis mesin yang digunakan.

3.2.2 Pengumpulan Data

Data – Data yang diperlukan untuk rancang bangun cetakan spesimen *shrinkage* material biokomposit antara lain : mesin injeksi HAITIAN MA 900/260e, Mesin CNC YCM MV 106-A dan properti material Plastik.

3.2.3 Pemilihan bentuk Spesimen, Runner dan Layout Spesimen

Spesimen dipilih dengan mempertimbangkan aliran plastik yang terjadi didalam rongga cetak yang terdiri dari aliran paralel dan tegak lurus terhadap arah injeksi (*gate*) setelah itu dilakukan pemilihan *runner* yang merupakan penghubung antara *sprue* dan spesimen sehingga bentuk *runner* harus memudahkan mengalirkan lelehan plastik dengan tekanan yang relatif rendah selain itu mempertimbangkan kemudahan dalam proses pembuatannya kemudian setelah bentuk spesimen dan runner dipilih diaplikasikan pada layout cetakan yang mempunyai luas area 220 mm x 120 mm.

3.2.4 Perancangan Cetakan

Perancangan cetakan spesimen *shrinkage* diawali dengan penentuan NOC (*Number of Cavity*) yaitu jumlah yang akan dicetak setelah itu menentukan dimensi sprue sebagai penghubung antara *nozzle* dan runner kemudian Saluran pendingin sebagai media penukar panas direncanakan berdasarkan jumlah panas yang harus dibuang dan design yang dapat diaplikasikan pada cetakan.

Rancangan perlu dicek apakah dapat diaplikasikan atau tidak pada mesin dengan menentukan gaya minimal proses eaksi setelah itu gaya *clamping force* yang diperlukan dan tekanan injeksi yang diperlukan untuk mengalirkan lelehan plastik hingga rongga cetak terisi penuh. Hasil cek tersebut kemudian dibandingkan dengan kapasitas mesin HAITIAN MA 900/260e sehingga dapat ditentukan rancangan dapat diaplikasikan atau tidak.

3.2.5 Simulasi Proses Cetak

Simulasi proses cetak dilakukan untuk mengevaluasi hasil rancangan cetakan yang telah dibuat dengan menggunakan *software moldflow adviser*. Evaluasi rancangan berupa analisa hasil simulasi yang dapat dilakukan seperti *fill time*, tekanan injeksi, waktu pendinginan, dan *orieentation of skin*. Selain itu cacat produk seperti *weldline* dan *airtrap* dapat diprediksi sehingga dapat dilakukan perbaikan rancangan agar cacat tersebut dapat dikurangi. Kemudian hasil lainnya yaitu *quality prediction* yang menjelaskan tingkat kualitas hasil cetak produk.

3.2.6 Pembuatan Gambar Detail Cetakan dan Rancangan Proses Manufaktur

Gambar cetakan dibuat setelah spesimen hasil simulasi mempunyai kualitas yang baik selain itu pada pembuatan gambar mempertimbangkan proses manufaktur yang dapat dilakukan. Rancangan proses manufaktur dibuat berdasarkan spesifikasi mesin sehingga memastikan mesin dapat digunakan serta ditentukan jenis proses serta *tool* yang dapat digunakan dalam proses pembuatan komponen-komponen cetak.

3.2.7 Proses Perakitan Cetakan

Tahapan ini merupakan proses perakitan komponen-komponen part yang dibuat dan dibeli hingga part-part tersebut tersusun pada posisi yang telah ditentukan.

3.2.8 Percobaan Cetak

Pada tahapan ini cetakan yang sudah dimanufaktur dan dirakit dicoba dicetak dengan menggunakan beberapa material plastik yang tersedia yaitu *polypropylen* dan biokomposit.

3.2.9 Evaluasi Rancangan Cetakan

Setelah dilakukan percobaan cetak kemudian dievaluasi kekurangan rancangan cetakan yang dapat menghambat proses pencetakan sehingga dapat dijadikan saran perbaikan agar cetakan spesimen *shrinkage* berfungsi dengan baik.

3.2.10 Kesimpulan dan Saran

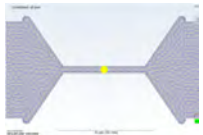

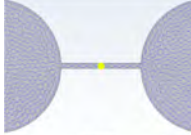
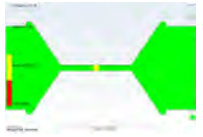

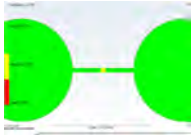
Tahap terakhir adalah menarik kesimpulan serta memberikan saran – saran untuk perbaikan dan penelitian lebih lanjut.

BAB IV

PEMILIHAN SPESIMEN, PERANCANGAN CETAKAN DAN SIMULASI INJEKSI

4.1 Pemilihan Spesimen

Pemilihan spesimen dibantu dengan penggunaan *software moldflow adviser*, pada *software* tersebut terdapat *analysis filly* yang berfungsi untuk menganalisa pengisian plastik pada rongga cetak serta prediksi dari hasil injeksi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pengukuran shringkage pada produk yaitu *orientation skin* (arah aliran) dikarenakan pada pengukuran spesimen diperlukan arah aliran yang merata baik searah injeksi maupun *cross section* arah injeksi dan *confidence of fill* dari spesimen dikarenakan rongga cetak harus terisi penuh sehingga hasil analisa shringkage sesuai dengan cetakan yang dibuat.

Alternatif Spesimen			
Simulasi	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
<i>Orientation Skin</i>			
<i>Confidence Of Fill</i>			
Hasil	<i>Orientation skin</i> menunjukkan hasil baik dan dengan <i>confidence fill</i> yang baik	<i>Orientation skin</i> menunjukkan hasil yang kurang baik namun dengan <i>confidence fill</i> yang baik	<i>Orientation skin</i> menunjukkan hasil yang kurang baik namun dengan <i>confidence fill</i> yang baik

Tabel 4.1 Alternatif spesimen


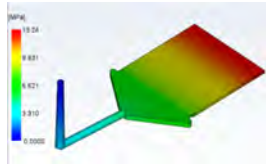

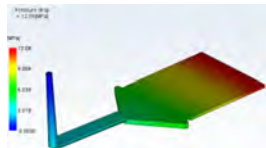
Dari hasil simulasi *moldflow* pada tabel 4.1 didapatkan spesimen 3 tidak dapat dilakukan analisa dikarenakan arah aliran yang cenderung melingkar sedangkan spesimen 2 aliran terlihat


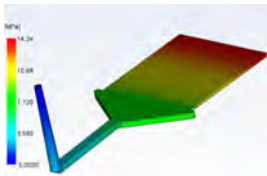

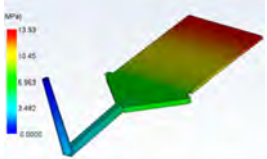
tidak searah pada awal aliran masuk kemudian spesimen 1 yang dipilih dikarenakan arah aliran lebih merata baik searah maupun *cross section* arah injeksi.

4.2 Pemilihan Runner

Setelah jenis spesimen ditentukan kemudian diaplikasikan untuk memilih jenis *runner*, *runner* yang digunakan memiliki jenis penampang 20 mm² namun dengan berbagai bentuk seperti pada tabel 3.2. Fungsi dari *runner* yaitu sebagai jalur untuk mengalirkan lelehan plastik dari sprue hingga ke produk namun dengan tekanan yang rendah dan mudah dimanufaktur.

Tabel 4.2 Alternatif Runner

Alternatif Runner			
Jenis Runner	Bentuk Runner	Simulasi Moldflow	Keterangan
Circular			Hasil tekanan pada runner sebesar 6,621 Mpa Pembuatan runner pada 2 plate setangkup.
Semi Circular			Hasil tekanan pada runner sebesar 6,03 Mpa Pembuatan runner pada 1 plate.

Trapesium			Hasil tekanan pada runner sebesar 7,12 Mpa Pembuatan runner pada 1 plate.
Rectangular			Hasil tekanan pada runner sebesar 6,96 Mpa Pembuatan runner pada 1 plate.

Pada tabel 4.2 didapatkan jenis *runner semi circular* dipilih karena memiliki pressure yang paling rendah sebesar 6,03 Mpa dan bentuk tersebut mudah diproses dikarenakan dibuat pada 1 plate.

4.3 Perancangan Cetakan

Proses perancangan cetakan dilakukan untuk merancang rongga cavity sesuai dengan spesimen yang dipilih kemudian ditentukan komponen – komponen cetakan agar spesimen dapat diaplikasikan pada mesin HAITIAN 900/260 me, sedangkan dari hasil pemilihan spesimen didapatkan spesimen 1 dan dari pemilihan runner didapatkan bentuk *semi circular* yang dipilih. Spesimen dan bentuk *runner* tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dari perancangan cetakan spesimen *shrinkage*.

4.3.1 Material Plastik

Cetakan yang dirancang pada dasarnya harus mampu untuk mencetak berbagai material plastik agar dapat dianalisa nilai *shrinkage* dari material tersebut. Cetakan ini rencananya akan digunakan untuk menganalisa *shrinkage* material alternatif biokomposit namun sebagai bahan untuk perancangan

menggunakan data dari material *polypropylene* karena propertis material yang lebih tinggi dibandingkan biokomposit.

Tabel 4.3 Propertis Polypropelene

Parameter	Nilai
Melting Point	168°C
Massa jenis	0,9 gr/cm ³
Kekuatan tarik	28,32 N/mm ²

4.3.2 Spesifikasi Mesin I

Mesin Injeksi yang digunakan adalah HAITIAN 900/260 me yang mempunyai kapasitas injeksi maksimum 210 mpa dan calmping force maksimum 900 kN, spesifikasi mesin dapat dilihat pada lampiran 1.

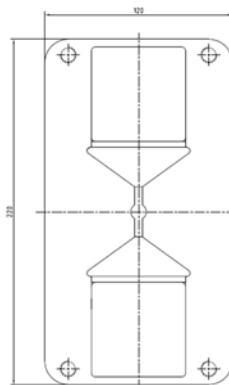
4.3.3 Number Of Cavity

Jumlah produk yang mampu dicetak menggunakan mesin injeksi ditentukan oleh kapasitas injeksi mesin (NOC 1) dan layout cetak sehingga didapatkan jumlah spesimen:

$$\begin{aligned} \text{NOC 1} &= \frac{121 \text{ cm}^3}{10,8 \text{ cm}^3 + 0,314 \text{ cm}^3} \\ &= 10,8 \text{ spesimen} \end{aligned}$$

NOC 2 (layout cetak)

Layout dibuat harus diposisikan pada area cetakan 220 mm x 120 mm sehingga terdapat 2 cavity yang masuk didalam area dengan penempatang secara vertikal seperti pada gambat 4.1.



Gambar 4.1 Layout Cetakan

4.3.4 Clamping Force

Maksimum gaya cekam yang dibutuhkan oleh mesin saat proses injeksi ditentukan dengan persamaan (2-1) dan (2-2). Pada persamaan (2-2) faktor ketebalan dinding (F_s) ditentukan berdasarkan ketebalan maksimum pada spesimen yaitu 2 mm sehingga didapatkan nilai 7 kg/cm^3 yang terdapat pada tabel 2.2 sedangkan *flowpath* (panjang aliran) plastik hingga rongga cetak terisi penuh yaitu 10,5 cm sehingga didapatkan.

$$\begin{aligned} \text{Pac} &= 7 \text{ kg/cm}^3 \times 10,5 \text{ cm} \\ &= 73,5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Luas area produk dan *runner* yang akan dicetak sebesar $48,16 \text{ cm}^2$ sehingga besarnya *clamping force*.

$$\begin{aligned} \text{Fac} &= 73,5 \text{ kg/cm}^2 \times 48,16 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 7079,52 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada lampiran 1 kapasitas *clamping force* pada mesin injeksi HAITIAN MA 900/260e adalah 900 kN (91743,11 kg) sehingga mesin dapat mencekam saat proses *injeksi* karena Fac nilainya lebih kecil kapasitas *clamping force* mesin.

4.3.5 Saluran Injeksi

Pada lampiran 1 didapatkan bahwa diameter ujung *nozzle* dari mesin *injeksi* sebesar 3 mm, sehingga sesuai dengan persamaan (2-3) maka diameter pangkal *sprue* adalah

$$\begin{aligned} \text{Da} &= 3 \text{ mm} + 1 \text{ mm} \\ &= 4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sedangkan ujung pangkal ditentukan berdasarkan kemiringan *sprue* 2° dan panjang *sprue* 50 mm sehingga didapatkan diameter ujung *sprue*

$$\begin{aligned} \text{Dp} &= 50 \text{ mm} \times \tan 2^\circ + 4 \text{ mm} \\ &= 5,74 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.3.6 Waktu Siklus

Waktu siklus terdiri dari waktu waktu gerak cetakan, waktu *injeksi*, waktu pengeluaran spesimen, waktu pengeluaran spesimen dan waktu pendinginan. Waktu gerak cetakan didapatkan dengan persamaan (2-13) dan (2-14) dimana panjang bukaan dan tutup cetakan adalah 165 mm sedangkan kecepatan

buka dan tutup masing masing 1066 mm/s dan 933 mm/s sehingga

$$\begin{aligned} T_{bb} &= \frac{165 \text{ mm}}{1066 \text{ mm/s}} \\ &= 0,154 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{bt} &= \frac{165 \text{ mm}}{933 \text{ mm/s}} \\ &= 0,176 \text{ s} \end{aligned}$$

Waktu injeksi didapatkan dengan persamaan (2-15) dan (2-16) dimana *pada holding time* (T_h) diasumsikan 2 s, sehingga didapatkan

$$\begin{aligned} T_i^* &= \frac{21603,94 \text{ mm}^3}{0,8 \times (8,7 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}})} \\ &= 0,310 \text{ s} \\ T_i &= 0,310 \text{ s} + 2 \text{ s} \\ &= 2,310 \text{ s} \end{aligned}$$

Waktu pengeluaran produk didapatkan dari persamaan (2-17) dan (2-18) dengan panjang ejeksi 6 mm sehingga didapatkan

$$\begin{aligned} t_l &= \frac{6 \text{ mm}}{1066 \text{ mm/s}} \\ &= 0,005 \text{ s} \\ t_k &= \frac{6 \text{ mm}}{933 \text{ mm/s}} \\ &= 0,006 \text{ s} \end{aligned}$$

Sedangkan waktu jatuh spesimen didapatkan dengan persamaan (2-19) dengan tinggi jatuh 400 mm sehingga didapatkan

$$\begin{aligned} t_j &= \frac{400 \text{ mm}}{\sqrt{2 \text{ g } 400 \text{ mm}}} \\ &= 0,142 \text{ s} \end{aligned}$$

Waktu pendinginan spesimen didapatkan dari persamaan (2-21) dimana faktor *diffusi panas* material 0,055 mm²/s kemudian temperatur leleh, temperatur pengeluaran produk dan temperatur dinding kaviti diatur masing masing 210°C, 40°C dan 60°C sehingga didapatkan waktu pendinginan.

$$T_c = \frac{2^2 mm}{\pi^2 \cdot 0,055 \text{ mm}^2/s} \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \frac{168 - 40}{60 - 40} \right)$$

$$= 12,15 \text{ s}$$

Sehingga waktu total siklus didapatkan dengan menjumlahkan semua waktu proses dan didapatkan pada persamaan (2-22).

$$T_{sikl} = 0,154 \text{ s} + 0,176 \text{ s} + 2,310 \text{ s} + 0,153 \text{ s} + 12,15 \text{ s}$$

$$= 14,943 \text{ s}$$

4.3.7 Ejektor Pin

Dimensi ejektor pin ditentukan berdasarkan gaya ejeksi yang dibutuhkan yang dirumuskan pada persamaan (2-9) dan (2-10). Pada persamaan (2-10) terdapat nilai uji tarik (σ) yang ditentukan sebesar $28,32 \text{ N/mm}^2$ berdasarkan penelitian sebelumnya sehingga didapatkan.

$$\sigma_a = 28,32 \text{ N/mm}^2 \times 2/220$$

$$= 0,26 \text{ N/mm}^2$$

Besarnya gaya *ejeksi* dipengaruhi oleh faktor kekasaran (f_e) yang dihasilkan oleh cetakan, pada tabel 2.6 besarnya gaya gesek ditentukan sebesar 0,84 dengan tingkat kekasaran cetakan yang dihasilkan setelah proses manufaktur sebesar 20 μm . Sehingga besarnya gaya ejeksi adalah.

$$F_r = 0,84 \times 0,26 \text{ N/mm}^2 \times 10557,13 \text{ mm}^2 \times 2$$

$$= 4611,36 \text{ N} \text{ ---- } 470 \text{ kg}$$

Pada layout spesimen ditentukan sebanyak 17 ejektor yang digunakan untuk proses ejeksi sehingga besarnya gaya ejeksi setiap ejektor adalah 31,3 kg. Besarnya diameter pin ejektor yang diperlukan ditentukan dengan persamaan (2-12) dimana material pin ejektor adalah SKD 11 dengan nilai modulus elastisitas 202.5 Gpa ($2,02 \times 10^7 \text{ kg/mm}^2$) sehingga didapatkan diameter ejektor pin sebesar.

$$D_{pin} = 1,2 \sqrt[4]{\frac{31,3 \text{ kg} \times 113 \text{ mm}}{2,02 \times 10^7 \text{ kg/mm}^2}}$$

$$= 0,14 \text{ mm}$$

4.3.8 Pressure Drop

4.3.8.1 Pressure Drop Pada Spesimen

Pressure drop pada spesimen ditentukan sesuai perhitungan pada persamaan (2-2) sehingga didapatkan *pressure drop* pada spesimen (ΔP spesimen) $73,5 \text{ kg/cm}^2$.

4.3.8.2 Pressure Drop Pada Runner

Pressure drop yang terjadi pada *runner* ditentukan dengan menghitung kecepatan aliran pada *runner* kemudian menentukan besarnya koefisien gesek dan besarnya *headloss*. Besarnya kecepatan aliran (V_p) pada *runner* ditentukan persamaan (2-4).

$$\begin{aligned} V_p &= \frac{98 \text{ gr/s}}{0,098 \text{ cm}^2 \times 0,9 \text{ gr/cm}^3} \\ &= 1111,1 \text{ cm/s} \\ &= 11,1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Menentukan bilangan *reynold* sehingga didapatkan.

$$\begin{aligned} Re &= \frac{1111,1 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \times 0,5 \text{ cm} \times 0,9 \text{ gr/cm}^3}{299,8 \frac{\text{gr}}{\text{s}} \text{cm}} \\ &= 1,67 \end{aligned}$$

Menentukan koefisien gesek (f) aliran sesuai dengan persamaan (2-5)

$$\begin{aligned} f &= \frac{64}{1,67} \\ &= 38,32 \end{aligned}$$

Menentukan besarnya *headloss* (hl) dengan persamaan (2-6)

$$\begin{aligned} hl &= 38,32 \frac{0,016 \text{ m}}{0,005 \text{ m}} \frac{11,1^2 \text{ m/s}^2}{2} \\ &= 7554,25 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Maka besarnya *pressure drop* pada *runner* (ΔP runner) dengan persamaan (2-7)

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ runner} &= hl \cdot \rho \\ &= 75542515,2 \text{ cm}^2/\text{s}^2 \times 0,9 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 67988263,7 \text{ gr/cm s}^2 \\ &= 693,1 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4.3.8.3 Pressure Drop Pada Sprue

Pressure drop yang terjadi pada *sprue* ditentukan dengan menghitung kecepatan aliran pada *runner* kemudian menentukan besarnya koefisien gesek dan besarnya *headloss*. Besarnya kecepatan aliran (V_p) pada *runner* yaitu.

$$\begin{aligned} V_p &= \frac{98 \text{ gr/s}}{0,19 \text{ cm}^2 \times 0,9 \text{ gr/cm}^3} \\ &= 573 \text{ cm/s} \\ &= 5,73 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Menentukan bilangan *reynold* sehingga didapatkan.

$$\begin{aligned} Re &= \frac{573 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot 0,5 \text{ cm} \cdot 0,9 \text{ gr/cm}^3}{299,8 \frac{\text{gr}}{\text{s}} \text{ cm}} \\ &= 0,86 \end{aligned}$$

Menentukan koefisien gesek (f) aliran sesuai dengan persamaan (2-5).

$$\begin{aligned} f &= \frac{64}{0,86} \\ &= 74,41 \end{aligned}$$

Menentukan besarnya *headloss* (hl) dengan persamaan (2-6).

$$\begin{aligned} hl &= 74,41 \frac{0,05 \text{ m}}{0,005 \text{ m}} \frac{5,73^2 \text{ m/s}^2}{2} \\ &= 12215,48 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Maka besarnya *pressure drop* pada *sprue* (ΔP *sprue*) dengan persamaan (2-7).

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{sprue}} &= hl \cdot \rho \\ &= 12215480,45 \text{ cm}^2/\text{s}^2 \times 0,9 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 10993932,41 \text{ gr/cm s}^2 \\ &= 112,06 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4.3.8.4 Pressure Drop Total

Pressure drop total merupakan jumlah *pressure drop* yang terjadi pada *sprue*, *runner* dan spesimen sehingga sesuai persamaan (2-8) *pressure drop* total (ΔP total) yaitu:

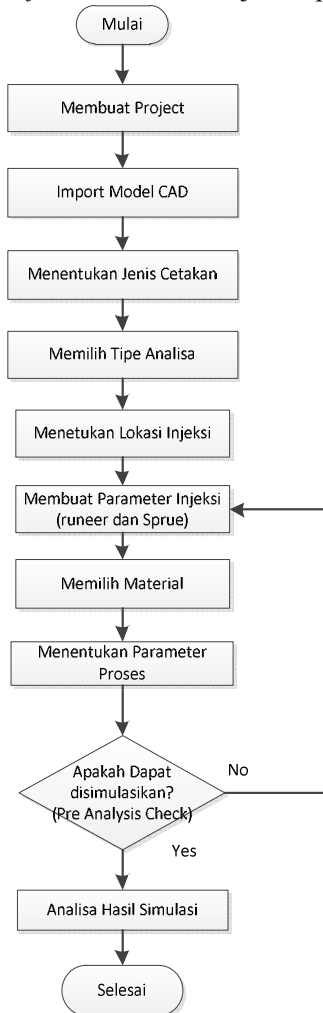
$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{total}} &= 112,06 \text{ kg/cm}^2 + 693,1 \text{ kg/cm}^2 + 73,5 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 878,6 \text{ kg/cm}^2 \text{ ----- } 86,1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

4.4 Simulasi Proses Injeksi

Simulasi proses injeksi menggunakan *software autodesk moldflow adviser* dengan memanfaatkan *feature fill analisis* yaitu *feature* yang digunakan sebagai metode pendekatan dalam melihat dan menganalisa proses plastik mengisi rongga cetak. Pada *feature fill analisis* ini terdapat beberapa hasil yang didapatkan seperti *confidence of fill* dan *air trap*. Hasil Simulasi tersebut digunakan sebagai landasan bagi perancang untuk mengestimasi kualitas dari produk hasil cetak serta posisi *venting* untuk mencegah *air trap* yang dapat menyebabkan *voids*.

4.4.1 Diagram Alir Simulasi Cetak Spesimen

Langkah – Langkah dalam melakukan simulasi spesimen pada *software moldflow adviser* ditunjukkan pada gambar 4.2.



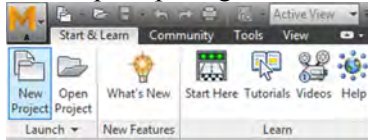
Gambar 4.2 Diagram alir Simulasi Moldflow

4.4.2 Langkah Simulasi Proses Cetak

Langkah simulasi proses cetak pada *software moldflow adviser* sesuai pada gambar 4.2 adalah sebagai berikut:

1. Membuka aplikasi *Moldflow adviser*
2. Membuat file project baru

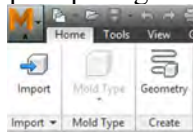
Membuat *new project* dengan nama tertentu sebagai file simulasi, feature tersebut seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 project baru moldflow

3. Import model

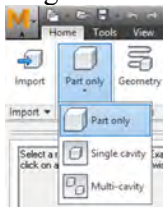
Spesimen yang sudah dibuat dalam bentuk 3 dimensi kemudian dimasukan pada softare *moldflow adviser* dengan cara diimport dengan icon seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Import model moldflow

4. Menentukan jenis cetakan

Hasil perancangan didapatkan bahwa 2 spesimen yang dapat diinjeksi sehingga pada *moldflow adviser* jenis cetakan dipilih *multi cavity* seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Jenis cetakan moldflow

5. Memilih tipe analisa

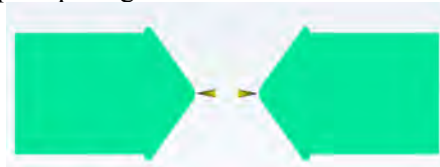
Pada *moldflow adviser* terdapat beberapa tipe analisa, untuk dapat mengetahui *confidence of fill* dan *airtrap* yang terjadi maka dipilih analisa *fill* seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Tipe analisa moldflow

6. Menentukan lokasi injeksi

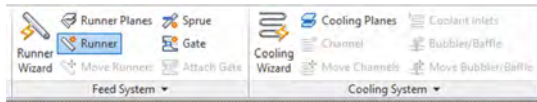
Lokasi injeksi yaitu posisi aliran plastik masuk ke produk perlu ditentukan dan pada *moldflow adviser* ditentukan dengan warna kuning seperti pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Lokasi injeksi moldflow

7. Membuat Parameter injeksi (*runner* dan *sprue*)

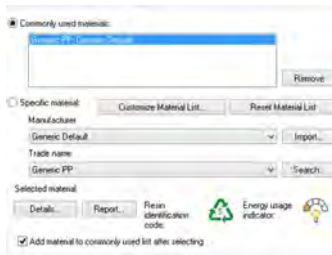
Setelah posisi injeksi ditentukan selanjutnya perlu dibuat *runner* dan *sprue* sebagai saluran injeksi plastik dari ujung *nozzle* hingga ujung produk, *feature* tersebut seperti pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Parameter injeksi moldflow

8. Memilih material

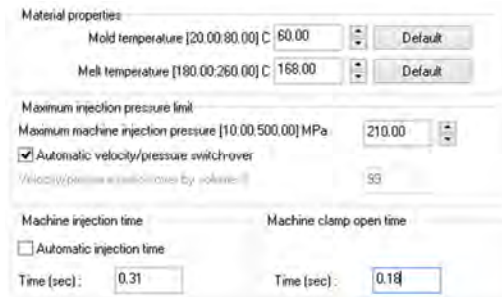
Sebelum dilakukan simulasi perlu ditentukan jenis material yang digunakan dan dari perancangan menggunakan material jenis *polypropelene* seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Material moldflow

9. Menentukan parameter proses

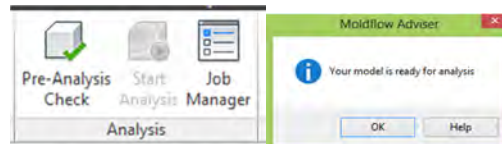
Parameter proses perlu ditentukan dengan menggunakan data hasil perancangan dan spesifikasi mesin. Pengisian parameter proses yang diperlukan dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Parameter proses moldflow

10. Pre analysis Check

Pre analysis Check adalah *feature* yang berfungsi untuk mengecek model, parameter hingga material. Apabila tidak terdapat kekurangan maka model dapat dianalisa namun jika terdapat kekurangan maka diperlukan perbaikan sesuai *issue* yang ditunjukkan. Gambar 4.11 menunjukkan model yang sudah dapat dianalisa.



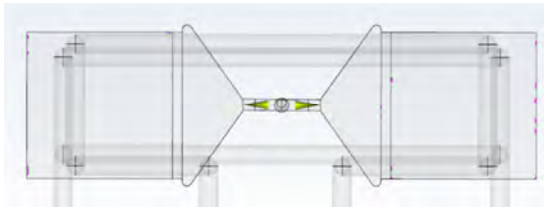
Gambar 4.11 Pre analysis check moldflow

11. Analisa hasil simulasi

Hasil analisa cetak produk spesimen *shrinkage* dari analisa *fill* ini yaitu *confidence of fill* dan *airtrap* yang diinformasikan dengan warna tertentu untuk dapat dianalisa.

4.4.3 Air Trap

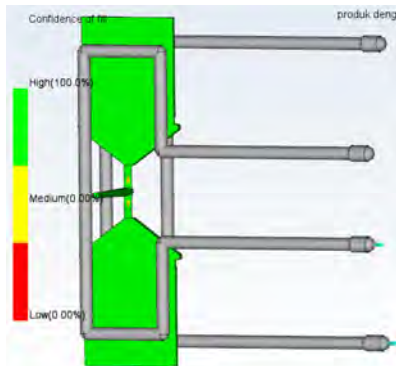
Pada gambar 4.12 didapatkan *airtrap* dominan terjadi di ujung produk yang ditandai oleh warna jingga sehingga diperlukan *venting* pada area tersebut. Dari tabel 2.7 ditentukan untuk material *polypropylene* kedalaman *venting* sebesar 0,013 mm – 0,025 mm.



Gambar 4.12 Simulasi Airtrap Produk

4.4.4 Confidence of Fill

Salah satu faktor yang menentukan kualitas hasil injeksi adalah pengisian rongga cetak hingga terisi penuh. Hal tersebut menjadi faktor penting dalam analisis *shrinkage* karena referensi nilai penyusutan mengacu pada dimensi rongga cetak sehingga jika plastik tidak mengisi penuh rongga cetak analisis *shrinkage* tidak akurat. Pada gambar 4.13 aliran plastik dapat mengisi keseluruhan rongga cetak tanpa adanya hambatan dan keyakinan pengisian terdapat pada level tertinggi yaitu 100%.



Gambar 4.13 Simulasi Confidence Of Fill

4.5 Gambar Detail Cetakan

Gambar detail cetakan terdapat pada lampiran 2 dibuat berdasarkan hasil rancangan cetakan serta menyesuaikan dengan spesifikasi mesin dan komponen-komponen yang tersedia.

BAB V

RANCANGAN PROSES MANUFAKTUR, PROSES PERAKITAN DAN HASIL INJEKSI

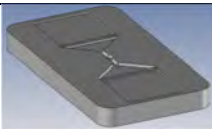

5.1 Proses Manufaktur

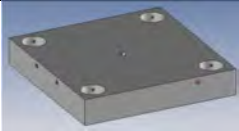
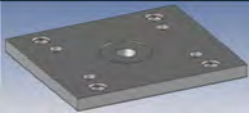

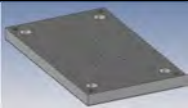
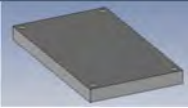

Proses Manufaktur yaitu proses pembuatan komponen – komponen cetakan dengan metode perautan dimana *cutting tool* bergesekan dengan material komponen yang memiliki kekerasan lebih rendah sehingga terjadi proses pemotongan hingga membentuk geometri dan dimensi yang diinginkan. Pada proses manufaktur perlu ditentukan mesin apa yang digunakan serta lama pembuatan dan kapasitas maksimum mesin yang diperlukan.

5.2 Bill of Material

Setelah dilakukan perancangan cetakan serta studi lapangan yang dilakukan hingga dibuat gambar detail cetakan maka terdapat beberapa komponen cetak yang memerlukan proses manufaktur dan dibeli. Daftar komponen – komponen cetak yang diperlukan dan dibeli tersebut dinamakan *bill of material* (BOM) dan khusus untuk komponen cetak yang memerlukan proses manufaktur terdapat pada tabel 5.1. Komponen-komponen tersebut akan dibuat rancangan proses manufaktur agar menghasilkan dimensi dan geometri yang diinginkan.

Tabel 5.1 Komponen Manufaktur

Komponen Cetak	Ukuran (mm)	Deskripsi	Keterangan
Plat Insert Core	220 x 120 x 20		Dibuat
Plat B	300 x 300 x 50		Dibuat

Plat A	300 x 300 x 50		Dibuat
Plat Pencekam Atas	350 x 300 x 25		Dibuat
Plat Pencekam Bawah	350 x 300 x 25		Dibuat
Plat Ejektor Atas	300 x 180 x 20		Dibuat
Plat Ejektor Bawah	300 x 180 x 20		Dibuat
Plat Spacer	300 x 90 x 58		Dibuat

5.3 Mesin CNC

Mesin yang digunakan merupakan mesin cnc 3 axis dengan merk YCM MV-106A yang memiliki spesifikasi pada tabel 5.2



Gambar 5.1 Mesin CNC YCM

Tabel 5.2 Spesifikasi Mesin YCM

Parameter	Range
Daya Motor	20 HP
RPM Range	10000 Rpm
Tabel mesin	
Panjang	1118 mm
Lebar	600 mm
Maksimum beban	800 kg

5.4 Rancangan Proses Manufaktur

Pada rancangan proses ini ditentukan jenis proses perautan kemudian *tool cutting* yang digunakan sertawaktu proses pemesian dan energi yang diperlukan, agar mesin mampu melakukan proses perautan.

5.4.1 Contoh Perhitungan Proses Milling

Pada proses milling insert core terdapat proses *facing* permukaan *roughing* dan *finishing*, dengan ditentukan nilai *cutting speed* masing-masing 80 m/min kemudian nilai *feed* 0,2 mm/tooth sesuai tabel 2.7 dan 2.8 maka dapat ditentukan besarnya daya dan waktu pengerjaan seperti pada perhitungan yang mengacu pada persamaan (2-24) hingga (2-26).

1. Perhitungan putaran mesin

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{80 \times 1000}{\pi \times 20} \\
 &= 1274 \text{ Rpm}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan waktu 1 proses

$$t = \frac{lc+l}{N \cdot f \cdot e \cdot n}$$

$$= \frac{40+230}{1274,0,2,4}$$

$$= 0,3 \text{ min}$$

3. Perhitungan waktu aktual
 $t \text{ aktual} = \text{banyak proses} \times t$
 $= 7 \times 0,3$
 $= 1,9 \text{ min}$
4. Perhitungan MRR

$$\text{MRR} = \frac{130 \times 230 \times 4}{1,9}$$

$$= 64489,6 \text{ mm}^3/\text{min}$$
5. Perhitungan daya mesin

$$\text{Daya} = \text{MRR} \times 9 \text{ W.s/mm}^3$$

$$= 9673,4 \text{ Watt} \text{ --- } 9,67 \text{ kW}$$

5.4.2 Contoh Perhitungan Proses Drilling

Pada proses drilling insert core terdapat proses pembuatan lubang ejektor dengan menggunakan mata bor diameter 3 mm, dengan ditentukan nilai *cutting speed* 14 m/min dan *feed* 0,15 mm/rev maka dapat ditentukan besarnya daya dan waktu yang dibutuhkan dengan mengacu pada persamaan (2-27) hingga (2-28).

1. Perhitungan putaran mesin

$$N = \frac{14 \times 1000}{\pi \times 3}$$

$$= 1486 \text{ Rpm}$$
2. Perhitungan waktu 1 proses

$$t = \frac{lc+l}{N \cdot fe}$$

$$= \frac{40+20}{1486 \times 0,15}$$

$$= 0,3 \text{ min}$$
3. Perhitungan waktu aktual
 $t \text{ aktual} = \text{banyak proses} \times t$
 $= 17 \times 0,3$
 $= 4,6 \text{ min}$

4. Perhitungan MRR

$$\begin{aligned} \text{MRR} &= \left(\frac{\pi^3}{4} \right) 0,15 \cdot 1486 \\ &= 1575 \text{ mm}^3/\text{min} \end{aligned}$$

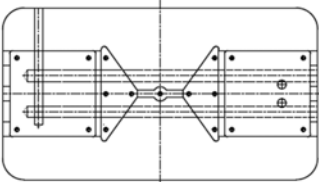
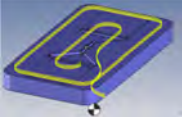
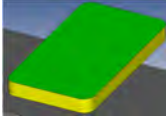
5. Perhitungan daya mesin

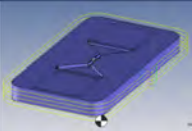
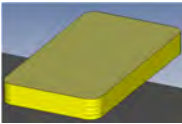
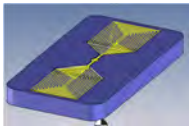
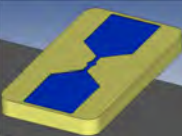
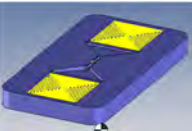
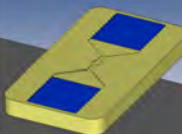
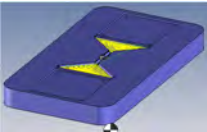
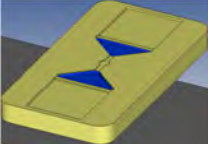
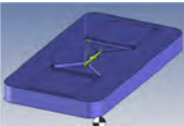
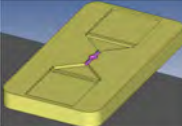
$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \text{MRR} \times 9 \text{ W.s/mm}^3 \\ &= 236,2 \text{ Watt} - 0,24 \text{ kW} \end{aligned}$$

5.4.3 Part Insert Core

Part Insert Core merupakan part yang membentuk produk, untuk mencapai bentuk yang diinginkan dibuat rancangan proses manufaktur pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Proses Pemesinan Insert Core

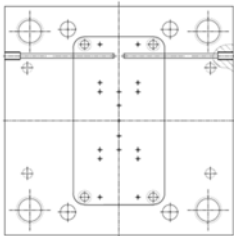
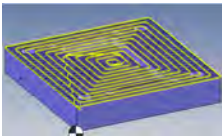
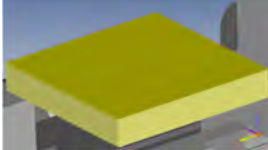
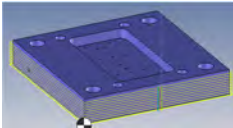
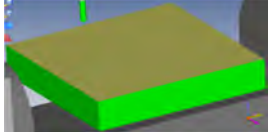
Part Insert Core							
Gambar Kerja				Mesin dan Tool			
				Mesin : CNC YCM Cutting Tool :1. Face Mill ø20 2. Endmill ø10 3. Ballmill ø5 4. Center Drill 5. Bor ø3		6. Reamer ø3 7. Bor ø8,5 8. Bor ø8 9. Bor ø6 10. Tap screw M10	
Proses Pemesinan		Depth of cut	CS	N	Waktu	MRR	Power
No	Urutan						
1.	Facing Permukaan						
	1. Roughing	4	80	1274	1,9	64489,6	9,67
	2. Finishing	1	190	3025	1,6	19145,4	2,87
							
3	Side Mill						
	1. Roughing	4	15	478	1,1	52037,2	7,81
	2. Finishing	1	2	637	2,9	4957,8	0,74

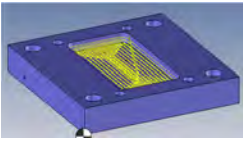
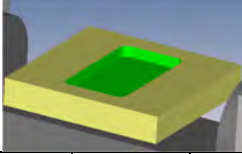
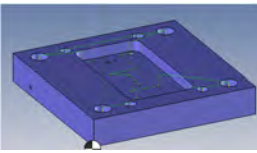
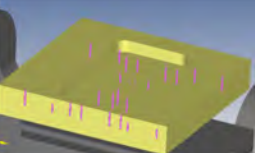
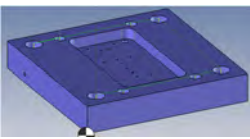
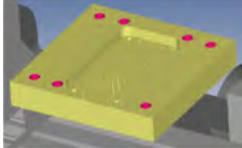
							
4	Rongga Cetak 1. Pocket depth 0,75	0,75	20	637	0,6	286,6	0,04
							
5	Rongga Cetak 1. Pocket depth 2	2	20	637	0,6	11465	1,72
							
6	Rongga Cetak 1. Pocket depth 3,5	3,5	20	637	0,7	8554,3	1,28
							
7	Runner 1. Roughing 2. Finishing	2	15	955	0,1	5201,7	0,78
		0,5	20	1274	0,1	990,8	0,15
							
8	Ejektor hole 1. C drill 2. Bor dia 3 3. Reamer 3	20	14	1486	17		
		20	16	1699	4,6	1575	0,24
					7,5	960	0,14

5.4.4 Part Plat B

Part Plat B merupakan part yang menempatkan part insert core, untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan dibuat rancangan proses manufaktur pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Proses Pemesinan plat B

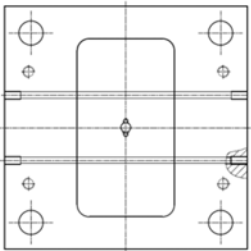
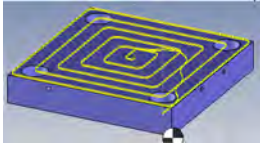
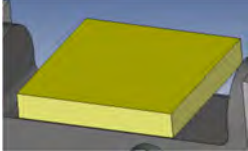
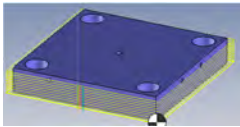
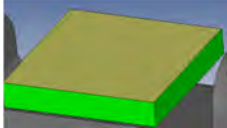
Gambar Kerja				Mesin dan Tool			
				Mesin : CNC YCM Cutting Tool : 1.Face Mill ø20 2.Endmill ø10 3.Center Drill 4.Bor ø3 5.Bor ø 8 6.Counter ø 11		7.Bor ø12 8. Bor ø20 9.Bor ø40 10.Counter Bor ø17 11.Counter bor ø50 12Tap M14	
Proses Pemesinan		Depth of cut	CS	N	Waktu	MRR	Power
No	Urutan						
1.	Facing Permukaan 1.Roughing 2. Finishing	4	80	1274	5,3	67441	10,12
		1	190	3025	4,5	20021,5	3
							
2.	Side milling 1.Roughing 2.Roughing 3. Finishing	2	15	478	1,8	62782,6	9,87
		2	15	478	1,8	62782,6	9,87
		1	20	637	4,8	12530	1,88
							
3	Pocket 1.Roughing 2.Roughing 3.Roughing	7	80	1274	3,1	60362,6	9,05
		7	80	1274	3,1	60362,6	9,05
		5	80	1274	2,8	46709,1	7,01

	4. Finishing	1	190	3025	2,6	10240,1	1,54
							
4	Ejektor hole 1.C drill 2.Bor dia 3	30	14	1486	17 5,3	1575	0,24
							
5	Lubang baut M10 1.C drill 2.Bor dia 11 3.Counter bor 17	30 11	14 14	405 262	4 2,3 7,8	11550 5950	1,73 0,89
							
6	Lubang Return pin 1.C drill 2.Bor dia 8 3.Bor dia 20	50 50	14 16	557 255	4 2,2 5,7	8400 20000	1,26 3
7	Lubang Guide Bush 1. C drill 2. Bor dia 8 3. Bor dia 20 4. Bor dia 40 5. Counter Bor 50	50 50 50 11	14 14 14	557 223 111 89	4 2,2 6,5 9,2 22,9	8400 17500 49000 17500	1,26 2,63 7,35 2,63

5.4.5 Part Plat A

Part Plat A merupakan part yang berfungsi menempatkan sprue bush untuk proses injeksi, agar mendapatkan bentuk yang diinginkan dibuat rancangan proses manufaktur pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Proses Pemesinan plat A

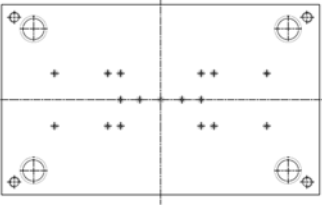
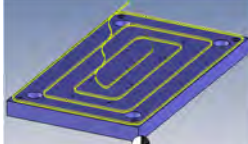
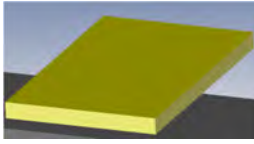
Part Plat A							
Gambar Kerja				Mesin dan Tool			
				Mesin : CNC YCM Cutting Tool : 1.Face Mill ø20 2.Endmill ø10 3.Center Drill 4.Bor ø12 5.Reamer ø 12		6.Counter Bor ø 25 7.Bor ø8 8.Bor ø30 9.Bor ø20 10Tap M14	
Proses Pemesinan		Depth of cut	CS	N	Waktu Proses	MRR	Power
No	Urutan						
1.	Facing Permukaan 1.Roughing 2.Finishing	4	80	1274	5,3	67441	10,12
		1	190	3025	4,5	20021,5	3
							
2.	Side milling 1. Roughing 2. Roughing 3. Finishing	2	15	478	1,8	62782,6	9,87
		2	15	478	1,8	62782,6	9,87
		1	20	637	4,8	12530	1,88
							

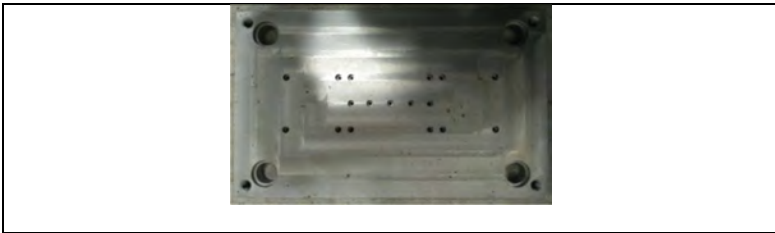


5.4.6 Part Plat Ejektor Atas

Part plat ejektor atas merupakan part yang menempatkan ejektor pin untuk proses ejsi, untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan dibuat rancangan proses manufaktur pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Proses Pemesinan plat Ejektor Atas

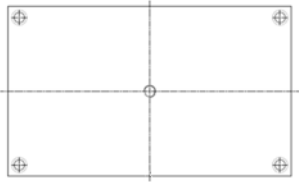
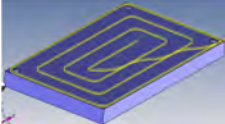
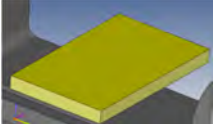
Part Ejektor Atas							
Gambar Kerja				Mesin dan Tool			
				Mesin : CNC YCM Cutting Tool : 1.Face Mill ø20 2.Endmill ø10 3.Center Drill 4.Bor ø3		5.bor ø 8,5 6.Bor ø20 7.CounterBor ø25 8.Tap M10	
Proses Pemesinan		Depth of cut	CS	N	Waktu Proses	MRR	Power
No	Urutan						
1.	Facing Permukaan						
	1. Roughing	4	80	1274	3,3	64743,3	9,71
	2. Finishing	1	190	3025	2,8	19220,7	2,88
							

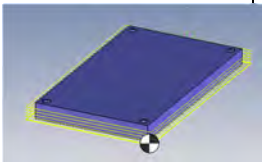
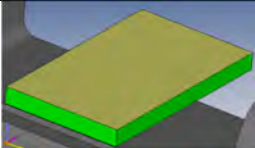
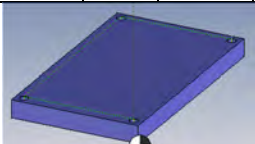
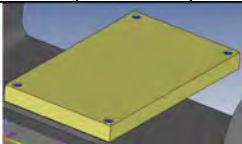



5.4.7 Part Plat Ejektor Bawah

Part plat ejektor atas merupakan part untuk mengunci plat plat ejektor atas sehingga pin ejektor dan return pin tidak bergeser, rancangan proses pemesinan part ejektor bawah terdapat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Proses Pemesinan plat Ejektor Bawah

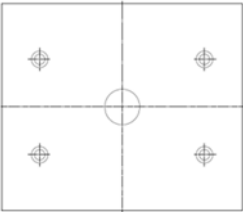
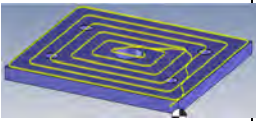
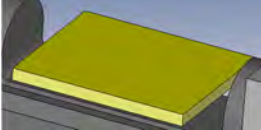
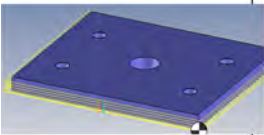
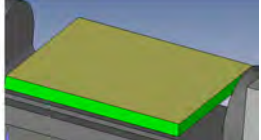
Part Ejektor Bawah							
Gambar Kerja				Mesin dan Tool			
				Mesin : CNC YCM Cutting Tool :1.Face Mill ø20 2. Endmill ø10		3.Center Drill 4.Bor ø11 5.CounterBor ø16	
Proses Pemesinan		Depth of cut	CS	N	Waktu Proses	MRR	Power
No	Urutan						
1.	Facing Permukaan						
	1.Roughing	4	80	1274	3,3	64743,3	9,71
	2.Finishing	1	190	3025	2,8	19220,7	2,88
							

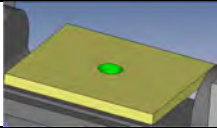
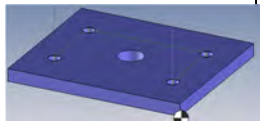
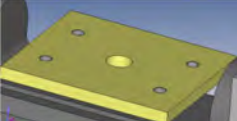

2.	Side Milling 1.Roughing 2.Finishing	4 1	15 20	478 637	1,5 3,8	52411,3 4991,6	7,86 0,75
							
3	Lubang M10 1.C drill 2.Bor dia 11 3. Counter Bor 17	20 11	14 14	405 262	1 2 7,8	11550 5950	1,73 0,89
							
		Waktu Proses Total (min)			22,2		
		Daya minimum mesin (kW)					9,71
Hasil Akhir							
							

5.4.8 Part Plat Cekam Bawah

Part Cekam Bawah merupakan part yang berfungsi sebagai penepat antara moldbase dan *movable plate* pada mesin, untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan dibuat rancangan proses seperti pada tabel 5.8.

Tabel 5.8 Proses Pemesinan plat Cekam Bawah


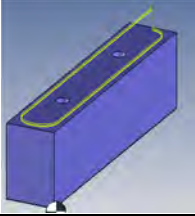
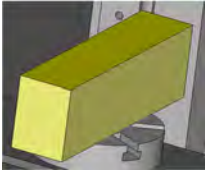
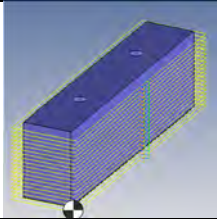
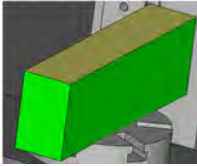
Part Cekam Bawah							
Gambar Kerja				Mesin dan Tool			
				Mesin : CNC YCM Cutting Tool : 1.Face Mill ø20 2.Endmill ø10 3.Center Drill 4.Bor ø8		5.Bor ø20 6.Bor ø42 7.Counter Bor ø25 8.Bor ø15	
Proses Pemesinan		Depth of cut	CS	N	Waktu Proses	MRR	Power
No	Urutan						
1.	Facing Permukaan						
	1.Roughing	4	80	1274	6,3	66257,8	9,94
	2.Finishing	1	190	3025	5,3	19670,3	2,95
							
2.	Side Millig						
	1.Roughing	4	15	478	2	65865,7	9,88
	2.Finishing	1	20	637	5,2	6272,9	0,94
							
3	Lubang Ejektor Rod						
	1.C drill				2		
	2.Bor dia 8	25	14	557	0,4	8400	1,26
	3.Bor dia 20	25	14	223	0,8	24500	3,68
	4.Bor dia 42	25	16	121	1,5	58800	8,82

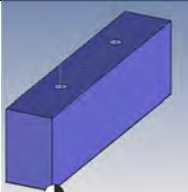
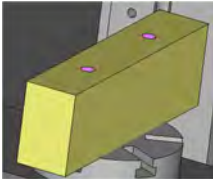

							
4	Lubang M14 1.C drill 2.Bor dia 15 3.Counter Bor 25	25	14	340	2		
		6	14	106	7,7	6000	0,9
					18,8	14700	2,21
							
		Waktu Proses Total (min)			52		
		Daya minimum mesin (kW)					9,94
Hasil Akhir							
							

5.4.9 Part Plat Spacer

Part spacer adalah part yang berfungsi sebagai penyanggah antara plat B dan plat cekam bawah selain itu dengan adanya plat spacer proses ejeksi dari plat ejektor dapat berfungsi. Berikut rancangan proses manufaktur plat spacer pada tabel 5.9.

Tabel 5.9 Proses Pemesinan plat Spacer

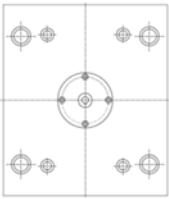
Part Ejektor Bawah							
Gambar Kerja				Mesin dan Tool			
				Mesin : CNC YCM Cutting Tool : 1.Face Mill ø20 2.Endmill ø10		3.Center Drill 4.Bor ø15	
Proses Pemesinan		Depth of cut	CS	N	Waktu Proses	MRR	Power
No	Urutan						
1.	Facing Permukaan bawah						
	1.Roughing	4	80	1274	1,3	52154,4	7,82
	2.Finishing	1	190	3025	1,1	15483,3	2,32
							
2.	Side milling						
	1.Roughing	4	15	478	1,1	78085,7	11,71
	2.Finishing	1	20	637	2,9	22310,2	3,35
							
3	Lubang Baut 1.C drill 2.Bor dia 15	90	14	367	4 14,3	3876,9	0,58

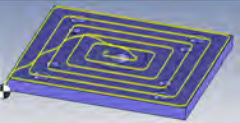
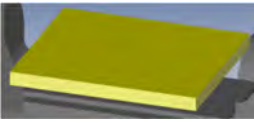
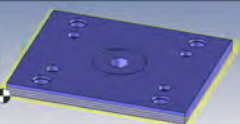
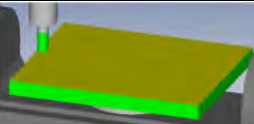
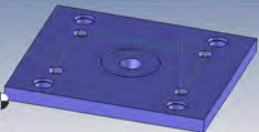
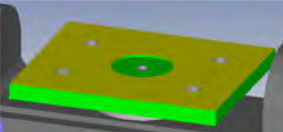
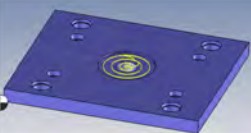
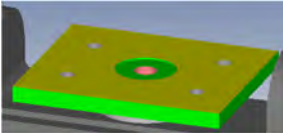
			
		Waktu Proses Total (min)	24,7
		Daya minimum mesin (kW)	11,7
Hasil Akhir			
			

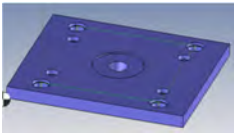
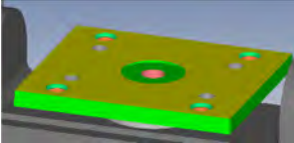

5.4.10 Part Plat Cekam Atas

Part Cekam Atas merupakan part yang berfungsi sebagai penepat antara moldbase dan *fix plate* pada mesin, untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan dibuat rancangan proses seperti pada tabel 5.10.

Tabel 5.10 Proses Pemesinan plat Cekam Atas

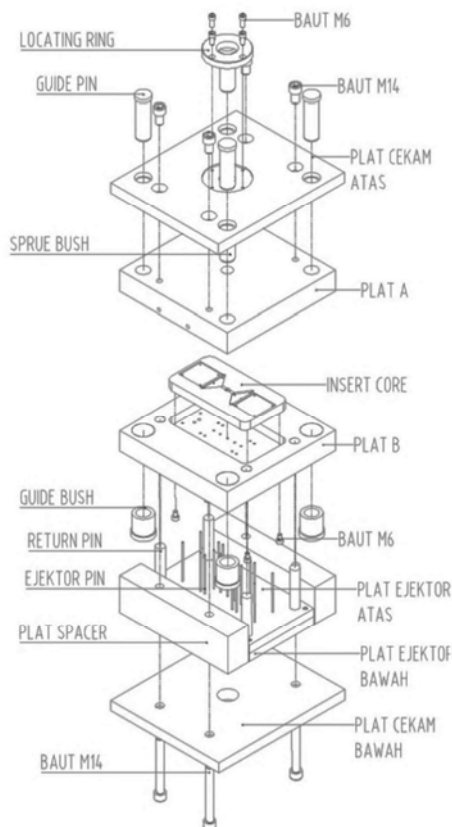
Part Cekam Bawah							
Gambar Kerja				Mesin dan Tool			
				Mesin : CNC YCM Cutting Tool : 1.Face Mill ø20 2.Endmill ø10 3.Center Drill 4.Bor ø8 5.Bor ø15		6.Bor ø25 7.Bor ø30 8.Counter Bor ø25 9.Counter Bor ø35	
Proses Pemesinan		Depth of cut	CS	N	Waktu Proses	MRR	Power
No	Urutan						
1.	Facing Permukaan						
	1.Roughing	4	80	1274	6,3	66257,8	9,94
	2.Finishing	1	190	3025	5,3	19670,3	2,95

							
2.	Side Millig 1.Roughing 2.Finishing	4	15	478	2	65865,7	9,88
		1	20	637	5,2	6272,9	0,94
							
3	Lubang M14 1.C drill 2.Bor dia 15 3.Counter Bor 25				2		
		25	14	340	7,7	6000	0,9
		6	14	106	18,8	14700	2,21
							
4	Locating Ring 1.C drill 2.Bor dia 8 3.Bor dia 25 4.Finishing				2		
		25	14	557	1,6	8400	1,26
		25	16	178	14,6	8750	1,31
		3	16	3025	2,8	10805,3	1,62
							
5	Lubang Guide Pin 1.C drill 2.Bor dia 8 3.Bor dia 25 4.Bor dia 30 5.Counter Bor 35				1		
		25	14	557	1,6	8400	1,26
		25	14	223	4,7	17500	2,63
		25	16	170	4,4	42000	6,30
		11	16	127	16	12250	1,86

			
		Waktu Proses Total (min)	96
		Daya minimum mesin (kW)	9,94
Hasil Akhir			
			

5.5 Tahapan Perakitan Cetakan

Pada Cetakan plastik terdapat 2 bagian yaitu bukaan atas yang dipasang pada *fix plate* dan bukaan bawah yang menempel pada *moving plate*. Kedua bagian tersebut dirakit menggunakan pin dan baut sebagai media penepat dan pengikat dengan penempatan dan dimensi tertentu, pada gambar 5.2 menunjukan jenis part serta penempatan dalam proses perakitan cetakan spesimen *shrinkage*.



Gambar 5.2 Gambar Perakitan Cetakan

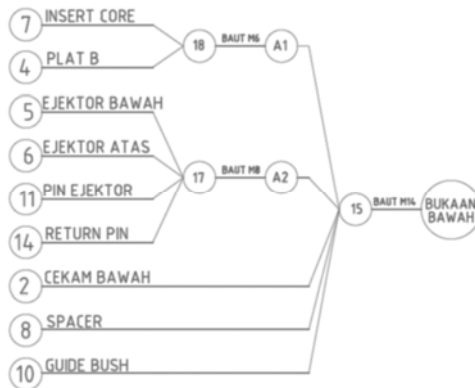
5.5.1 Urutan Perakitan

Sebelum dilakukan perakitan perlu dilakukan pengecekan untuk memastikan bahwa bagian bukaan bawah dan bagian bukaan atas sejajar dengan cara memasang *guide pin* pada bukaan atas kemudian dipasangkan dengan *guide bush* pada bukaan bawah seperti pada gambar 5.3



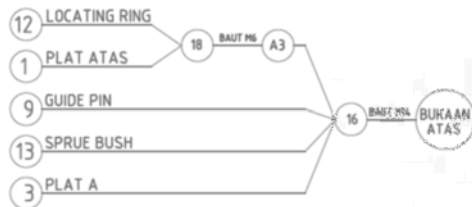
Gambar 5.3 Pengecekan Kelurusan

Setelah 4 *guide pin* dapat terpasang pada *guide bush* maka dipastikan bahwa bukaan bawah dan atas terpasang sejajar, setelah itu dibuka kembali dan dilakukan proses perakitan pada bukaan atas dan bukaan bawah. Urutan perakitan bukaan bawah dimulai dengan membuat *sub assembly* 1 (A1) dengan komponen insert core dan plat B yang diikat dengan baut M6 kemudian membuat *sub assembly* 2 (A2) dengan komponen plat ejektor bawah, plat ejektor atas, pin ejektor dan *return pin* yang diikat dengan baut M8. A1 dan A2 yang sudah ada kemudian dirakit dengan komponen plat cekam bawah, plat *spacer* dan *guide bush* yang diikat dengan baut M14 hingga bukaan bawah tersusun. Urutan dalam perakitan bukaan bawah tersebut dapat dilihat pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Perakitan Bukaan Bawah

Urutan dalam perakitan bukaan atas dimulai dengan membuat *subassembly* 3 (A3) dengan komponen *locating ring* dan plat atas yang diikat dengan baut M6, setelah A3 terpasang kemudian dirakit dengan komponen *guide pin*, *sprue bush* dan plat A yang diikat dengan baut M14 hingga bukaan atas tersusun. Urutan dalam perakitan bukaan atas tersebut dapat dilihat pada gambar 5.5



Gambar 5.5 Perakitan Bukaan Atas

Hasil aktual perakitan dari bukaan atas dan bawah dapat dilihat pada gambar 5.6 dimana kedua bagian masih terpisah, kemudian untuk keperluan pemasangan cetakan pada mesin injeksi HAITIAN kedua bagian cetakan dipasangkan menjadi satu kemudian dipasangkan *eye bolt* sehingga dapat diposisikan dengan menggunakan *handcrane*.



Gambar 5.6 Hasil Aktual Perakitan

5.6 Evaluasi Rancangan Cetakan

5.6.1 Masalah Injeksi

Setelah dilakukan percobaan cetak, terdapat beberapa kekurangan pada sisi kontruksi cetakan yang menghambat proses cetak. Beberapa kekurangan yang terjadi diantaranya:

1. Sistem ejeksi tidak otomatis

Kekurangan ini disebabkan karena pada kontruksi cetakan tidak menggunakan spring untuk mendorong kembali *ejektor plate* setelah berada pada kondisi ejeksi namun menggunakan mekanisme bukaan sehingga terdapat benturan antara *return pin* dan plat A untuk meposisikan kembali *ejektor plate*. Pada lampiran 3 terdapat urutan cetak dari proses injeksi hingga ejeksi untuk menggambarkan posisi *plate ejektor* dan gambar 5.7 kondisi aktual saat *pin ejektor* tidak kembali.



Gambar 5.7Aktual ejeksi

2. Spesimen Cetak tersangkut

Spesimen cetak tersangkut pada pin ejektor tengah seperti pada gambar 5.8 yang disebabkan karena terdapat bentuk siku pada cetakan *runner*. Bentuk siku tersebut menyebabkan plastik lebih sulit untuk diinjeksi, terlebih jika spesimen masih belum beku sehingga spesimen tersangkut pada area siku dan pin ejektor menembus dinding *runner*. Masalah ini tidak berpengaruh pada spesimen yang akan dianalisa namun berpengaruh pada *cycle time* proses cetak karena tidak dapat menggunakan mode *full* otomatis.



Gambar 5.8 Produk Tersangkut

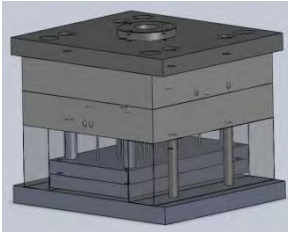
5.6.2 Usulan Perbaikan

Masalah – Masalah yang terjadi pada cetakan tersebut kemudian dilakukan evaluasi sehingga didapatkan beberapa usulan perbaikan yang dapat dilakukan melalui perubahan rancangan cetak dan parameter proses injeksi.

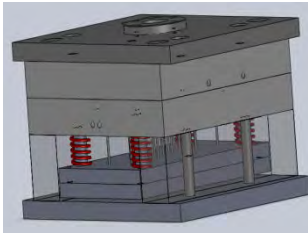
1. Perubahan rancangan cetak

Permasalahan memposisikan *ejektor plate* dapat menggunakan metode *spring* sehingga ejektor plate dapat kembali setelah proses ejsi. Spring tersebut ditempatkan pada 4 posisi return pin dan dimensi diameter dalam spring 20 mm. Pemasangan *spring* tersebut terdapat pada gambar 5.9.

Kondisi Aktual

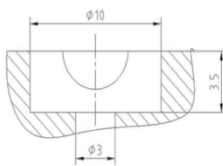


Usulan Perbaikan

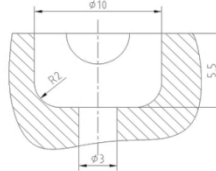
*Gambar 5.9 Penambahan spring*

Permasalahan spesimen yang tidak dapat terejeksi dapat diselesaikan dengan penghasulan bagian siku pada area ejeksi sehingga cairan plastik tidak tersangkut pada bagian tersebut dan mudah diejeksi oleh *pin ejektor*. Perbaikan tersebut dapat dilihat pada gambar 5.10

Kondisi Aktual





Usulan Perbaikan

*Gambar 5.10 Pembuatan radius*

2. Perubahan parameter proses

Pada tabel 5.10 merupakan beberapa hasil spesimen yang dikeluarkan dari cetakan, spesimen yang tersangkut dikeluarkan dengan bantuan alat karena plastik belum membeku dengan baik sedangkan spesimen terejeksi didapat saat injeksi diseting *holding time* cukup lama sehingga prosuk membeku sangat baik.

Tabel 5.10 Produk Hasil Injeksi

Spesimen tersangkut	Spesimen terejeksi
	

Dari beberapa hal tersebut maka untuk memastikan spesimen dapat terejeksi dengan baik perlu disetting proses injeksi dengan penambahan waktu *holding* dan waktu pendinginan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

1. Mesin Injeksi HAITIAN MA 900/260e dapat mencetak spesimen *shrinkage* sesuai dengan standard D955 yang dirancang sebanyak 2 *cavity* dengan kebutuhan clamping force 7079.5 kg, tekanan injeksi 86,1 Mpa dan waktu injeksi 0,35 s.
2. Komponen cetakan yang perlu dimenufaktur sebanyak 9 part dan dapat diproses menggunakan mesin CNC YCM MV 106A.
3. Hasil percobaan injeksi, cetakan dapat berfungsi tetapi sistem ejeksi masih terkendala karena spesimen terkadang tersangkut pada bagian *pin ejektor*.

6.2 Saran

1. Diperlukan *spring* untuk tambahan mekanisme ejeksi cetakan untuk menghindari benturan antara *return pin* dan plat A .
2. Diperlukan perbaikan sistem ejeksi dengan menghilangkan area siku pada cetakan sehingga spesimen dapat dikeluarkan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Menges, G., dan P. Mohren. 1986. **How To Make Injection Molds**. Hanser Publisher: New York.
- Scu.edu., Juli. 2017. **Shrinkage and Warpage**,
<http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/process/physics/b3500001.htm>
- ASTM-D955, 2001. **Standard Test Method of Measuring Shrinkage from Mold Dimension of Thermoplastics**. ASTM International : USA
- Fox, R. W., and A. T. McDonald. 1994. **Introduction to Fluid Mechanics**. John Wiley & Sons: Canada.
- Siswoto. 1990. **Blow and Injection Mould – Design** P.T. Berlin Pandaan: Surabaya.
- Plasticmold., Juli. 2017. **How to vent plastic mold**,
<<http://www.myplasticmold.com/how-to-vent-the-plastic-mold.html>>
- Rochim, Taufiq. 2001. **Spesifikasi, Metrologi dan Kualitas Geometrik** ITB: Bandung.
- Kalpakjian, Serope. 2009. **Manufacturing Engineering and Technology**. Pearson: Chicago.
- Bohler Uddeholm, 2013. **Bohler-Uddeholm P20 Modifies**. Bohler Corporation :Illinois
- Wardhayani. 2015. **Perancangan Mold Base Untuk Mesin Injeksi HAITIAN MA 900/260e**. ITS: Surabaya.

(Halaman ini sengaja dikosngkan)

LAMPIRAN 1 (SPESIFIKASI MESIN)

1. Mesin Injeksi HAITIAN MA900/ 260 e



		MA900 II / 260e		
INJECTION UNIT		A	B	C
Screw diameter	mm	32	36	40
Screw L/D ratio	L/D	22.5	20	18
Shot size (theoretical)	cm ³	121	153	188
Injection weight (PS)	g	110	139	171
Injection rate (PS)	g/s	77	98	121
Injection pressure	MPa	218	173	140
Plasticizing rate (PS)	g/s	10.1	13.3	16.1
Screw speed	rpm	0-230		
CLAMPING UNIT				
Clamp tonnage	kN	900		
Toggle stroke	mm	320		
Space between tie bars	mm	360×360		
Max. mold height	mm	380		
Min. mold height	mm	150		
Ejector stroke	mm	100		
Ejector force	kN	33		
OTHERS				
Max. pump pressure	MPa	16		
Pump motor power	kW	11		
Heater power	kW	6.3		
Machine dimension (l x w x h)	m	4.4×1.13×1.91		
Machine weight	t	3.5		
Hopper capacity	kg	25		
Oil tank capacity	l	190		

	Item	Unit	Data
Clamping Unit	Clamp Tonnage	kN	900
	Toggle Stroke	mm	320
	Space Between Tie Bars	mm	360 x 360
	Max Mould Height	mm	380
	Min Mould Height	mm	150
	Ejektor Stroke	mm	100
	Ejektor Tonnage	kN	33
	Ejektor Number 5	PC	5
Other	Nozzle Diameter	mm	3

2. Mesin CNC YCM MV-106A



MV-106A Vertical Machining Center With FANUC MXP200i Control

STANDARD FEATURES

POWERFUL 20 HP SPINDLE OUTPUT	HIGH SPEED 24 TOOL SWING-ARM ATC SYSTEM
AC DIGITAL SERVO & SPINDLE DRIVES	RANDOM ACCESS & BI-DIRECTIONAL TOOL MAGAZINE
10,000 RPM MAXIMUM SPINDLE SPEED	PRE-TENSIONED HARDENED & GROUND BALLSCREWS
HARDENED & GROUND BOX WAYS	SERVO MOTORS DIRECT-COUPLE TO BALLSCREWS
SERVO MOTORS WITH ABSOLUTE ENCODER	HANDHELD COOLANT GUN & AIR NOZZLE
HIGH SPEED RIGID TAPPING	SPINDLE AIR CURTAIN
HELICAL INTERPOLATION & 640 METERS MEMORY	AUTOMATIC CENTRAL LUBRICATION SYSTEM
CUSTOM MACRO B	HEAT EXCHANGER FOR ELECTRICAL CABINET
TOOL PATH GRAPHICS	CUTTING AIR BLAST
8.4" COLOR LCD MONITOR	WAY COVER IN ALL THREE AXES
PCMCIA SLOT FOR MEMORY EXPANSION & MODEM	RUGGED MEEHANITE® CASTINGS
RS 232C INTERFACE	WAY OIL-COOLANT SEPARATION DESIGNED CASTING

BASIC SPECIFICATIONS

HEADSTOCK

Motor	FANUC AC Digital Spindle Motor
Horse Power	20 HP (10 Min.)
Maximum Speed	10,000 rpm
Spindle Drive	Direct Belt Drive
Spindle Nose to Table	3.2" - 26.7"
Spindle Center to Z-axis Way Cover	25.5"

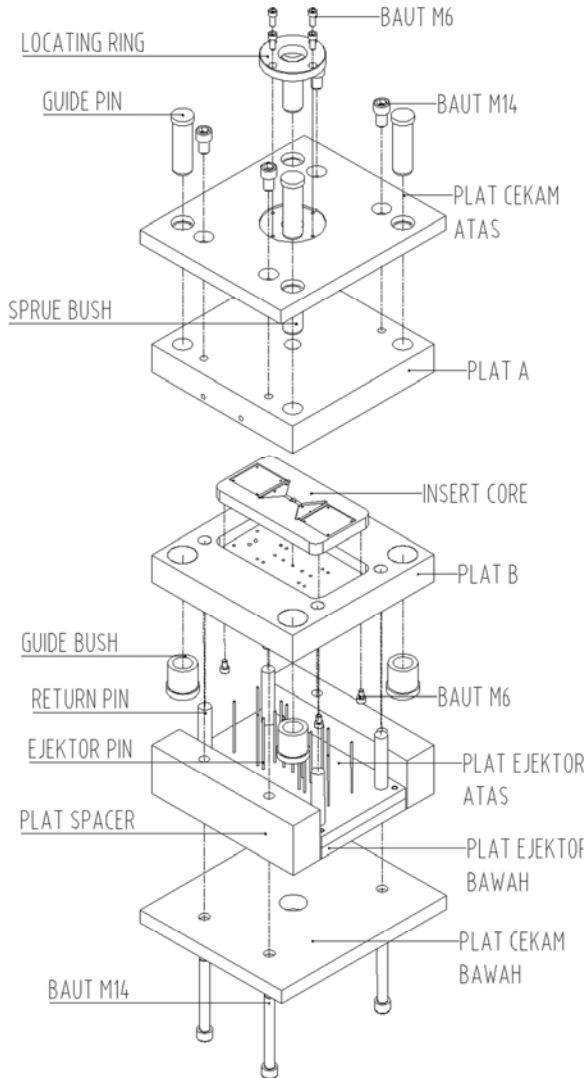
TABLE

Size	44.0" x 23.5"
T-Slots	0.71" x 5 x 3.94"
Maximum Load	1,760 lbs.

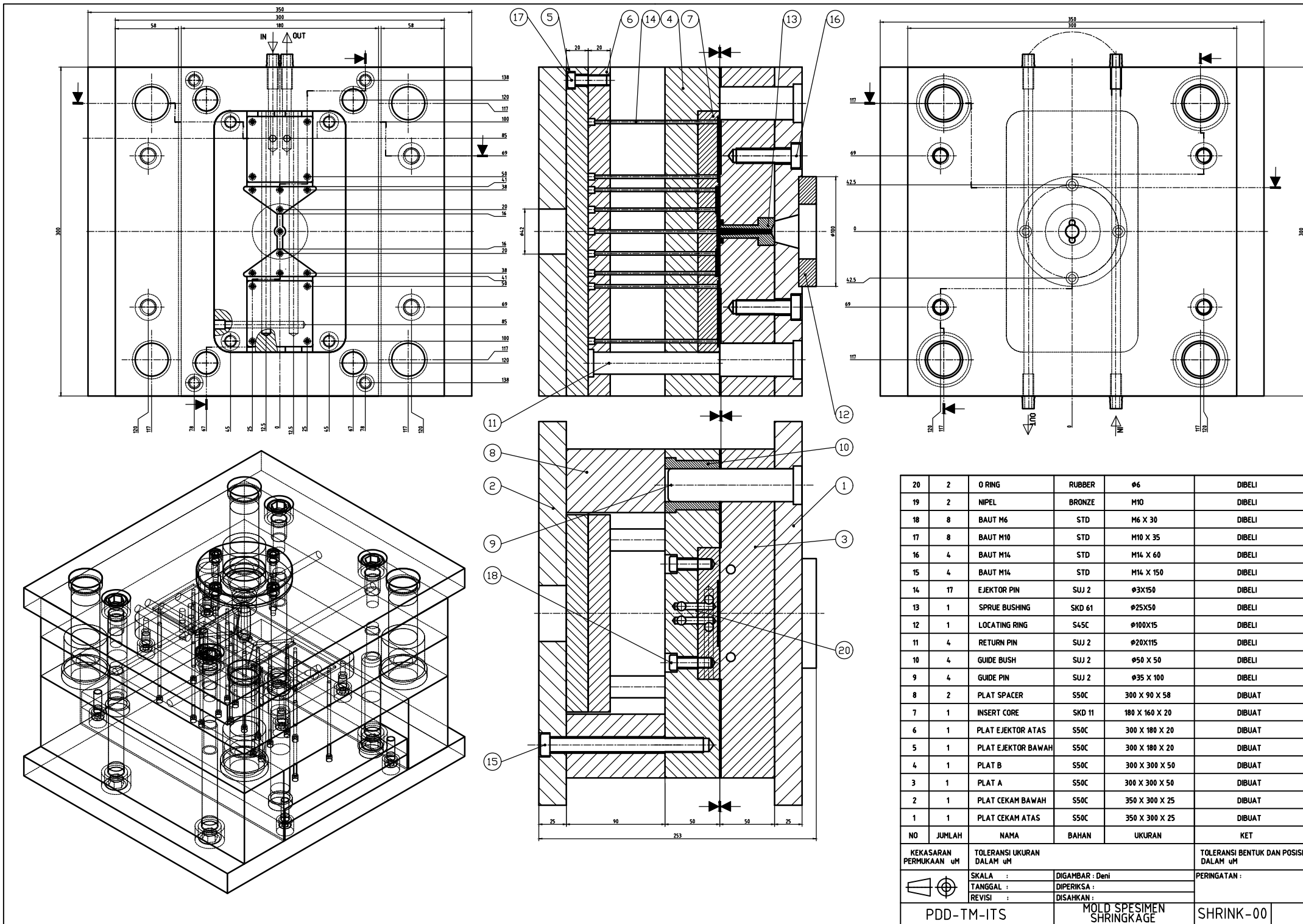
ATC SYSTEM

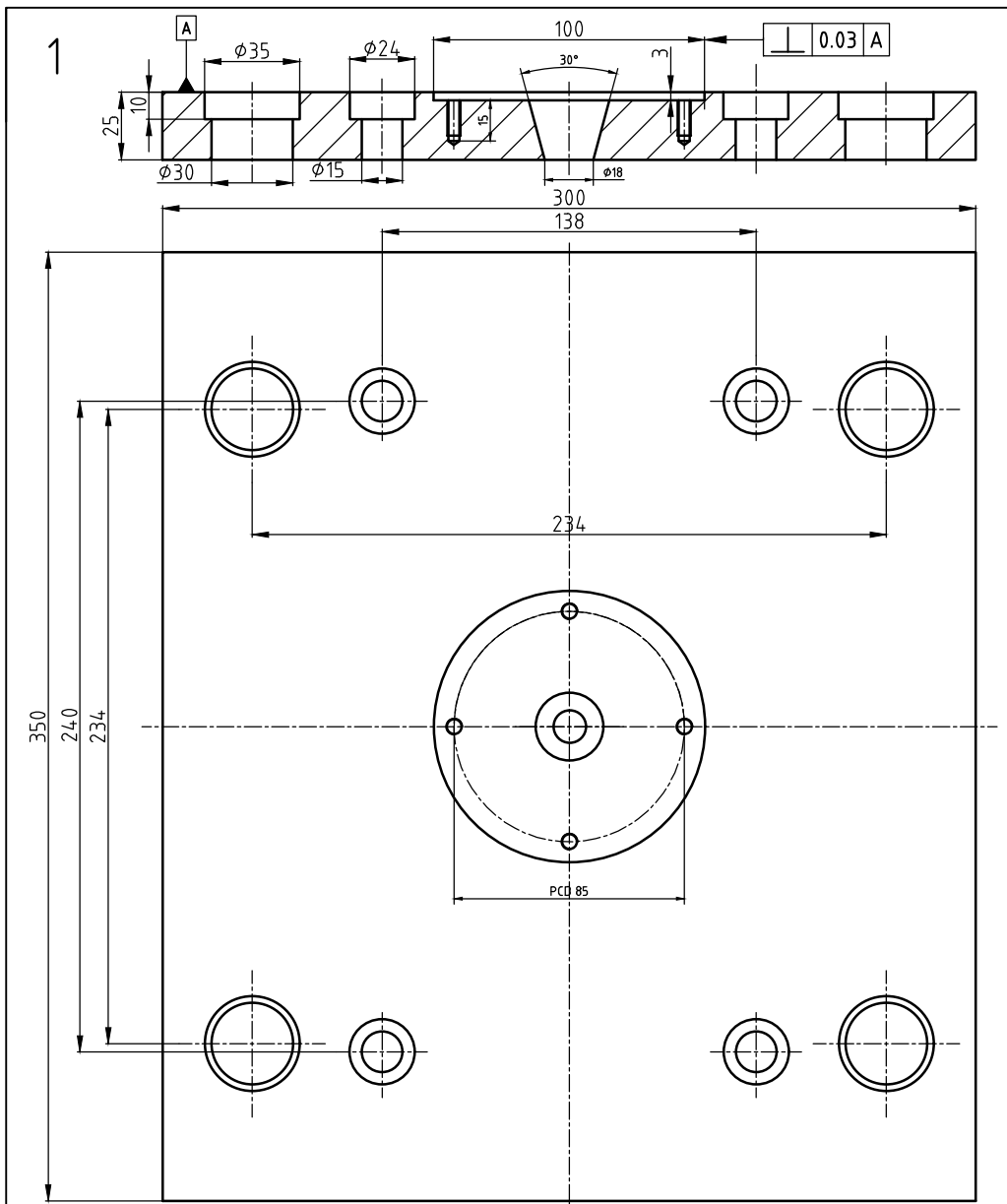
Tool Type	CAT-40 (optional BT-40)
Tool Selection	Bi-directional, Random Access
Maximum Tool Weight	15.4 lbs.
Maximum Tool Length	11.81"
Standard Tool Diameter	3.54"
Maximum Tool Diameter (adj. Pockets empty)	5.51"
Magazine Tool Capacity	24
Tool Change Time (Approx.)	2.5 seconds (T-T) / 5-6 seconds (C-C)

LAMPIRAN 2 (GAMBAR DETAIL CETAKAN)

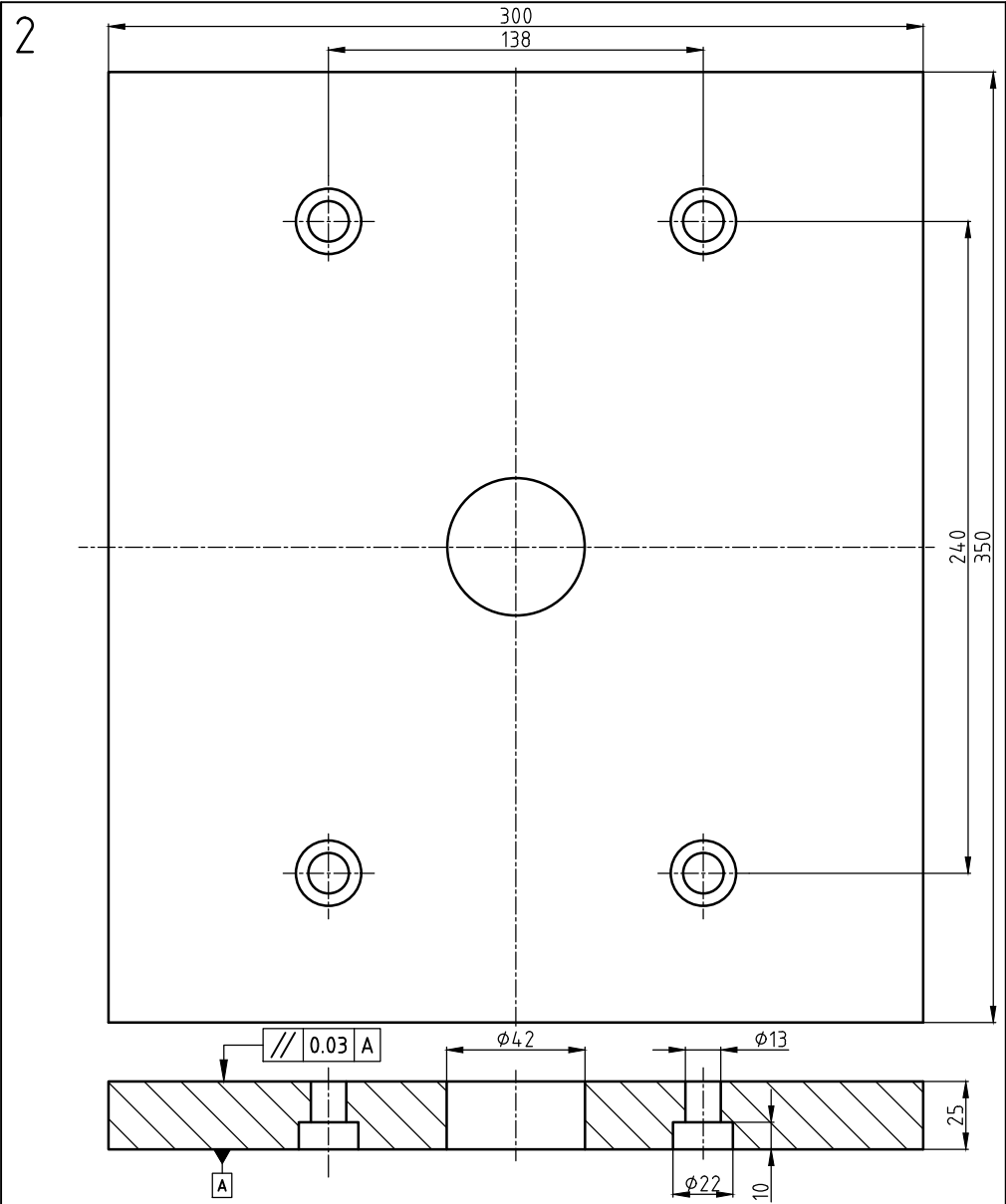


(Halaman ini sengaja dikosngkan)



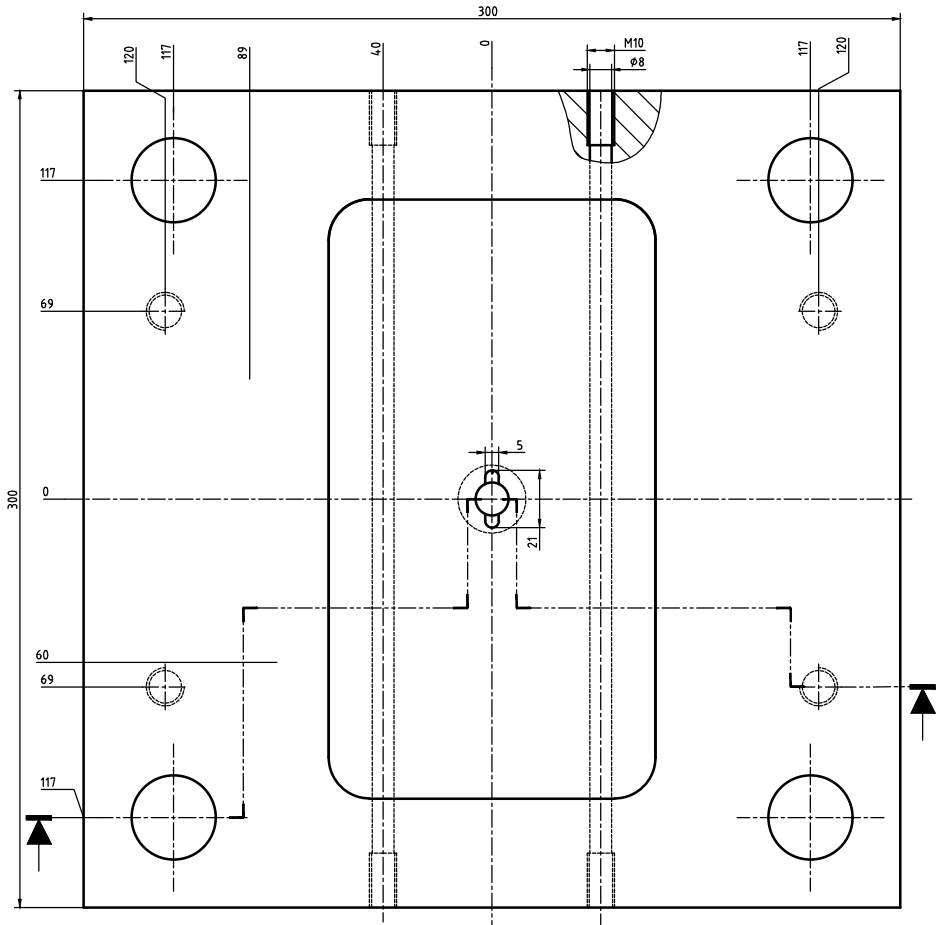
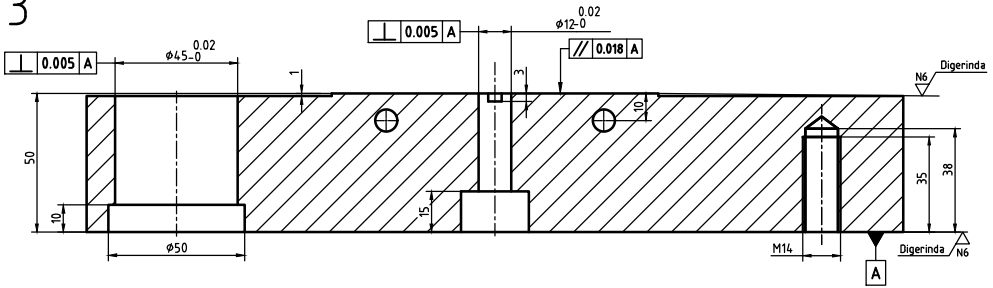


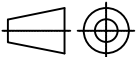
1	1	PLAT CEKAM ATAS	-	350 X 300 X 25	-
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	UKURAN	NO ID
KEKASARAN PERMUKAAN μM		TOLERANSI UKURAN DALAM μM			TOLERANSI BENTUK DAN POSISI DALAM μM
	SKALA :		DIGAMBAR : Deni		PERINGATAN :
	TANGGAL :		DIPERIKSA :		
	REVISI :		DISAHKAN :		
PDD-TM-ITS			PLAT CEKAM ATAS		SHRINK-00



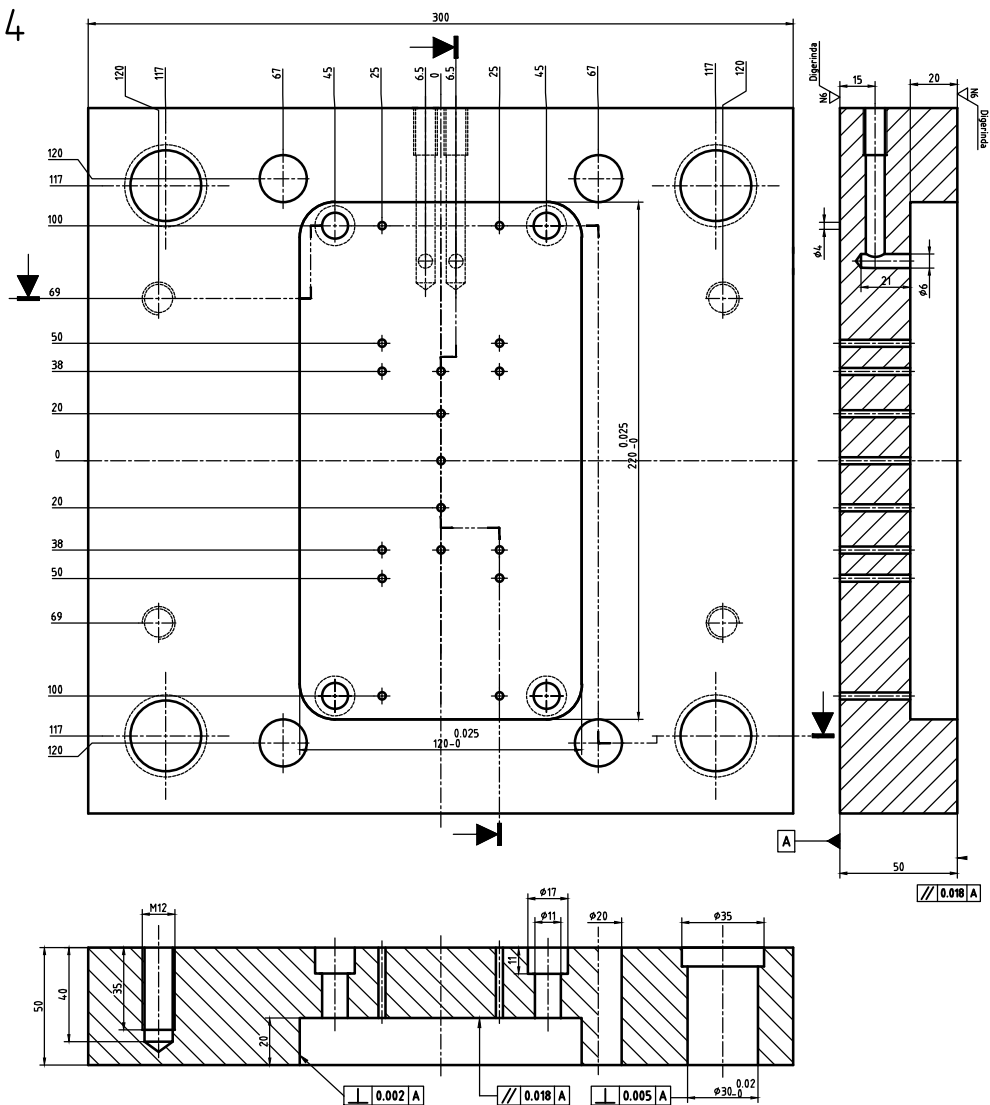
2	1	PLAT CEKAM BAWAH	-	350 X 300 X 25	-
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	UKURAN	NO ID
KEKASARAN PERMUKAAN μm		TOLERANSI UKURAN DALAM μm			TOLERANSI BENTUK DAN POSISI DALAM μm
		SKALA :	DIGAMBAR : Deni		PERINGATAN :
		TANGGAL :	DIPERIKSA :		
		REVISI :	DISAHKAN :		
PDD-TM-ITS			PLAT CEKAM BAWAH		SHRINK-00


3



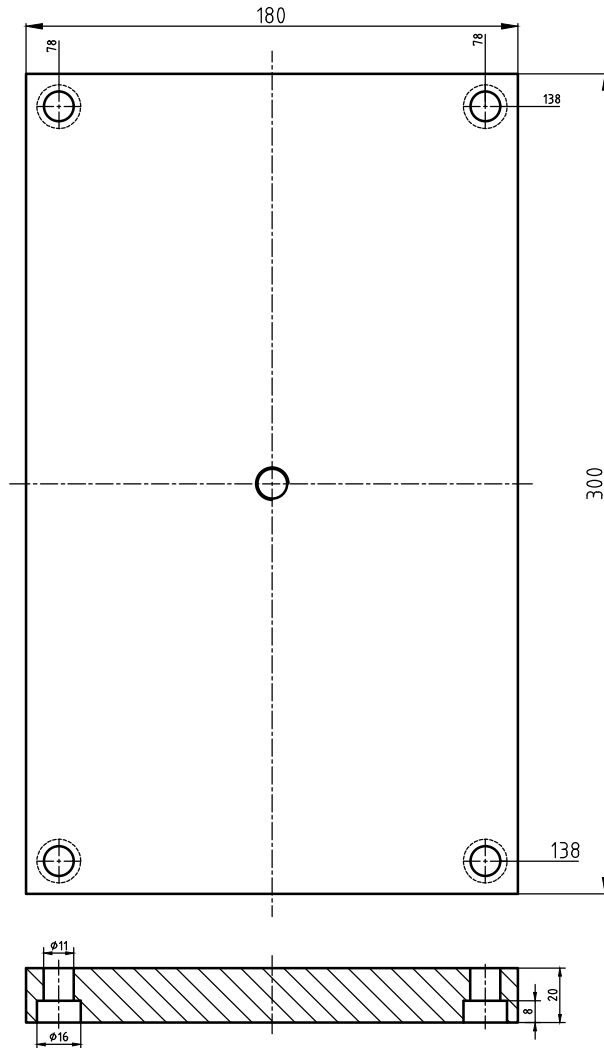
KEKASARAN PERMUKAAN μM	TOLERANSI UKURAN DALAM μM		TOLERANSI BENTUK DAN POSISI DALAM μM	
	SKALA :	DIGAMBAR : Deni	PERINGATAN :	
	TANGGAL :	DIPERIKSA :		
	REVISI :	DISAHKAN :		
PDD-TM-ITS		PLAT A		SHRINK-00

4



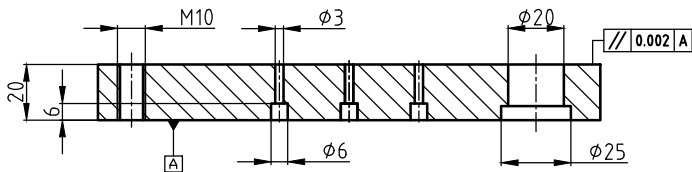
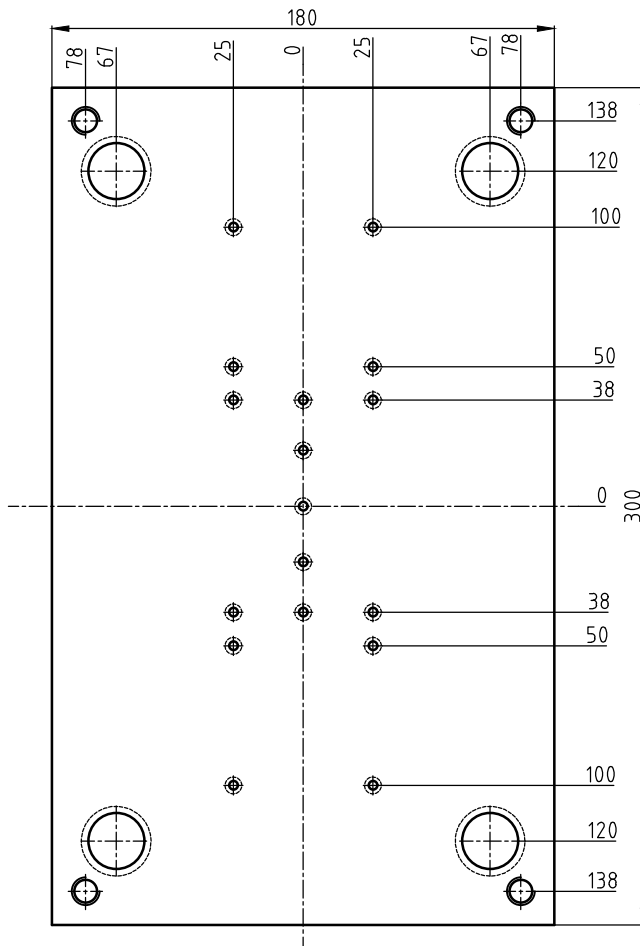
KEKASARAN PERMUKAAN μm	TOLERANSI UKURAN DALAM μm		TOLERANSI BENTUK DAN POSISI DALAM μm	
	SKALA :	DIGAMBAR : Deni		PERINGATAN :
	TANGGAL :	DIPERIKSA :		
	REVISI :	DISAHKAN :		
PDD-TM-ITS		PLAT B		SHRINK-00

5

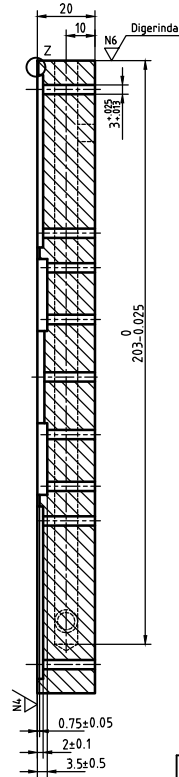


5	1	PLAT EJEKTOR BAWAH	-	300 X 180 X 25	-
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	UKURAN	NO ID
KEKASARAN PERMUKAAN μM		TOLERANSI UKURAN DALAM μM			TOLERANSI BENTUK DAN POSISI DALAM μM
		SKALA :	DIGAMBAR : Deni		PERINGATAN :
		TANGGAL :	DIPERIKSA :		
		REVISI :	DISAHKAN :		
PDD-TM-ITS			PLAT EJEKTOR BAWAH		SHRINK-00


6



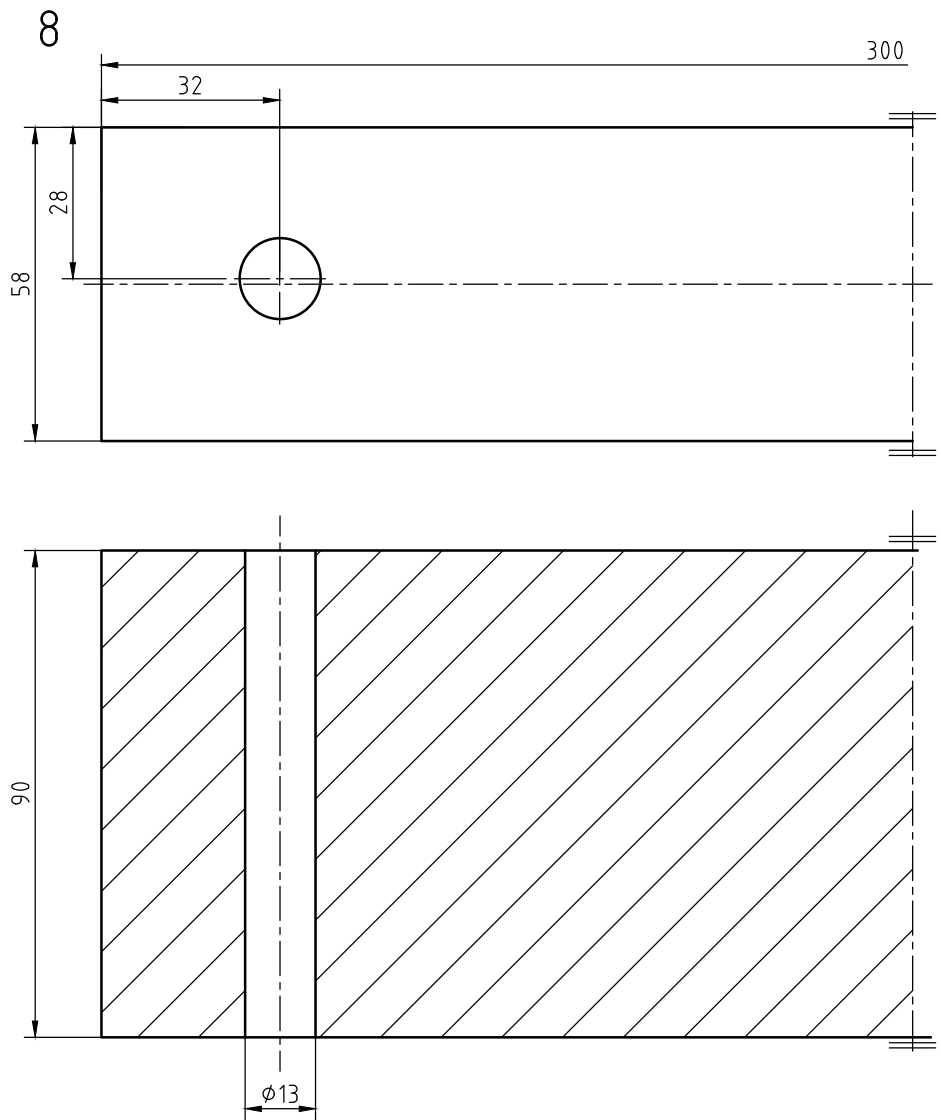
6	1	PLAT EJEKTOR ATAS	-	300 X 180 X 20	-
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	UKURAN	NO ID
KEKASARAN PERMUKAAN μM		TOLERANSI UKURAN DALAM μM			TOLERANSI BENTUK DAN POSISI DALAM μM
	SKALA :		DIGAMBAR : Deni		PERINGATAN :
	TANGGAL :		DIPERIKSA :		
	REVISI :		DISAHKAN :		
PDD-TM-ITS			PLAT EJEKTOR ATAS		SHRINK-00

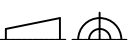
[illegible]

0,013 - 0,025

A pie chart divided into four quadrants. The top-right quadrant is shaded with diagonal lines, representing 13%. The bottom-right quadrant is unshaded, representing 25%. The other two quadrants are also unshaded.

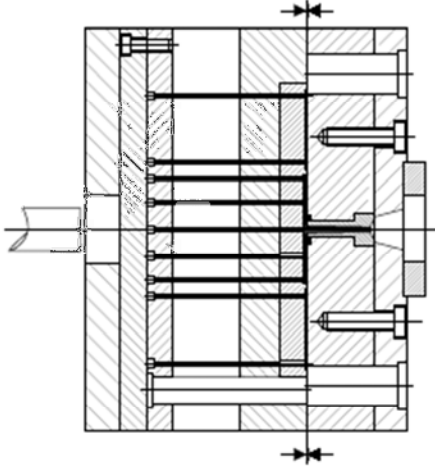
7	1	INSERT CORE	P 20	180 X 160 X 20	
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	UKURAN	NO ID
KEKASARAN PERMUKAAN μM		TOLERANSI UKURAN DALAM μM		TOLERANSI BENTUK DAN POSISI DALAM μM	
	SKALA :	DIGAMBAR : Deni			PERINGATAN :
	TANGGAL :	DIPERIKSA :			
	REVISI :	DISAHKAN :			
PDD-TM-ITS		INSERT CORE		SHRINK-00	



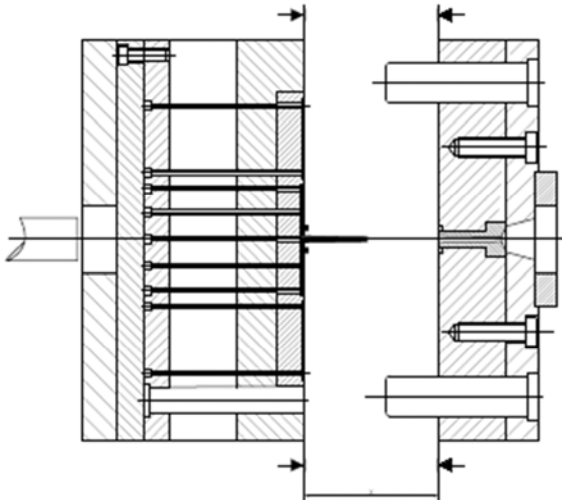
8	2	PLAT SPACER	-	300 X 90 X 58	-
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	UKURAN	NO ID
KEKASARAN PERMUKAAN μm		TOLERANSI UKURAN DALAM μm			TOLERANSI BENTUK DAN POSISI DALAM μm
		SKALA :	DIGAMBAR : Deni		PERINGATAN :
		TANGGAL :	DIPERIKSA :		
		REVISI :	DISAHKAN :		
PDD-TM-ITS			PLAT SPACER		SHRINK-00

LAMPIRAN 3 (LANGKAH BUKAAN CETAKAN)

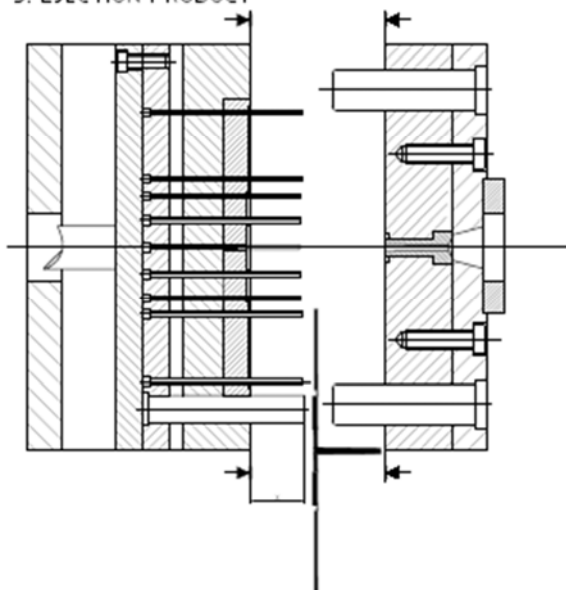
1. MOLD CLOSED (INJECTION TIME AND COOLING TIME)



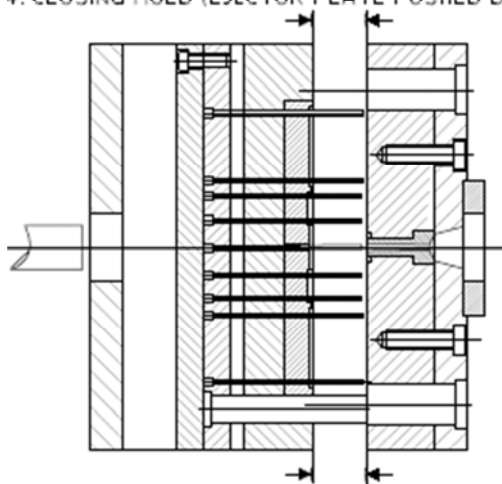
2. MOLD OPENING



3. EJECTION PRODUCT



4. CLOSING MOLD (EJECTOR PLATE PUSHED BY FIX PLATE)



BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Garut, 16 September 1992, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN Pakuwon 1 Garut lulus tahun 2004, SMPN 1 Tarogong Kidul Garut lulus tahun 2007, SMK YPPT Garut lulus tahun 2010, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung jurusan Perancangan Perkakas Presisi lulus tahun 2013 dan

pada tahun 2015 penulis diterima di Teknik Mesin FTI-ITS program lintas jalur dan terdaftar dengan NRP 2115105059. Di Jurusan Teknik Mesin ini penulis mengambil bidang studi Perancangan dan Pengembangan Produk dan aktif sebagai asisten dan grader praktikum pengukuran mata kuliah Pengukuran Teknik.

Jika ada informasi, pertanyaan maupun saran yang ingin disampaikan kepada Penulis, dapat disampaikan melalui email denigumilar16@gmail.com atau melalui nomor 085606625838.

(Halaman ini sengaja dikosngkan)